الدورية العالمية للعلوم / 31 مارس 2020

nature
الطبعة العربية

فرص غير متكافئة

تفاوت امتيازات التعليم والتغذية للأطفال في الدول ذات الدخل المنخفض والمتوسط.

علاج السرطان
كيف تعمل الخلايا البائية كواسمات حيوية للعلاج المناعي

آثار المجرات
عنقود مجرِّي بعيد يعطي لمحة عن العصور المظلمة للكون

عبور الحدود
العلاقة بين حالات الوفاة المبكرة في الولايات المتحدة وتلوث الهواء في الولايات المجاورة

ARABICEDITION.NATURE.COM
مارس 2020 / السنة السابعة / العدد 62
ISSN 977-2314-55003


Be in charge of your next career move
Search for your new role quickly by discipline, country, salary and more on naturecareers.com
nature careers
A68115

nature

تُنشَر مجلة "نِيتْشَر" ـ وترقيمها الدولي هو (2314-5587) ـ مِن قِبَل مجموعة نِيتْشَر للنشر (NPG)، التي تعتبَر قِسمًا من ماكميلان للنشر المحدودة، التي تأسَّست وفقًا لقوانين إنجلترا، وويلز (تحت رقم 00785998). ومكتب ويلز المسَجَّل يقع في طريق برونيل، هاوندميلز، باسينجستوك، إتش إيه إن تي إس، آر جي 21 6 إكس إس. وهي مُسَجَّلَة كصحيفة في مكتب البريد البريطاني. أمّا بخصوص الطلبات والاشتراكات، فيُرجَى الاتصال بمكتب دبي. وفيما يتعلق بمَنْح التفويض لعمل نُسخ مصوَّرَة للاستخدام الداخلي أو الشخصي، أو الاستخدام الداخلي أو الشخصي لعملاء محَدَّدين، فهذا الأمر يتعلق بموافقة "نِيتْشَر" للمكتبات، والكيانات الأخرى المسَجَّلَة من خلال مركز إجازة حقوق الطبع والنشر، ومقرّه في 222 روز وود درايف، دانفيرز، ماساشوسيتس 01923، الولايات المتحدة الأمريكية. والرقم الكودي لـ"نِيتْشَر" هو: 0028-0836/03، باتفاقية النشر رقم: 40032744. وتُنشَر الطبعة العربية من مجلة "نِيتْشَر" ربع سنويًا.

رسالة رئيس التحرير

إطلالة على آفاق العلوم

أهلًا بكم في عدد ربع سنوي جديد من دورية «*Nature* الطبعة العربية»، لنعرض لكم مختارات من أهم ما نُشر في دورية *Nature* الدولية خلال الفترة من يناير إلى مارس 2020، وإضاءات على آفاق تقدم العلوم.

يصدر هذا العدد في وقت تجتاح العالم فيه حالة من الذعر بسبب انتشار مرض فيروس كورونا الجديد (المعروف اختصارًا باسم «كوفيد-19»)، إذ بلغتْ حالات الإصابة به حول العالم -حتى كتابة هذه الرسالة- أكثر من 318 ألف حالة، وتسبب في ما يزيد على 13 ألف وفاة. ونأمل -قرّاءنا الأعزاء- في أن تكونوا بأفضل حال، وننصحكم بعدم الخروج من منازلكم إلا للضرورة القصوى، والالتزام بتعليمات الوقاية الصادرة عن منظمة الصحة العالمية.

وبالتأكيد لا يمكن ألا يحتوي العدد على أهم ما نُشر خلال الربع الأول من العام، من أخبار ومقالات عن «كوفيد- 19». ففي قسم «الافتتاحيات»، يطالعنا مقال عن ضرورة تقديم زعماء الدول والجهات الدولية المانحة للتبرعات يدَ العون لتعزيز النظم الصحية في البلدان الأكثر عرضةً لاندلاع الأوبئة. كما تحدثنا ناهد باديليا، الأستاذ المُساعِد المتخصص في الأمراض المُعدية بكلية طب جامعة بوسطن، في قسم «رؤية عالمية»، عن ضرورة التعلّم من الدروس السابقة في مواجهة الأوبئة خلال تعاملنا مع تفشي «كوفيد- 19»، وتقدّم بعض النصائح التي ينبغي اتّباعها. وتحت عنوان "مخاوف من انتشار كورونا في الدول ذات النظم الصحية الضعيفة"، نستطلع ترقب علماء الأوبئة وخبرائها لظهور المرض في أفريقيا وآسيا، وقلقهم من انتشاره دون أن ترصده النظم الصحية التي تتسم بالضعف في هذه البلدان. كما نعرض في قسم «ملخصات الأبحاث» واحدة من أولى الأوراق البحثية التي تناولت أصول المرض وتحليل التطور السلالي للجينوم الفيروسي الكامل.

وإلى جانب تغطية « كوفيد- 19»، نستعرض في قسم «أخبار في دائرة الضوء» الأحداث العلمية المرتقبة لهذا العام، مثل الغزو المرتقَب للمريخ، ومؤتمر المناخ، وتخليق هجائن من البشر والحيوانات. وتحت عنوان "ازدهار محاولات استخدام أداة التحرير الجيني «كريسبر» لمكافحة الأمراض"، نتناول آخر ما توصل إليه العلماء في مجال التعديل الجيني، مع تتابع ظهور النتائج الأولى من التجارب التي أخضعت التقنية الأشهر «كريسبر-كاس9»، للاختبار على مجموعةٍ من الأشخاص. كما نستكشف معًا نتائج مسح جديد يشير إلى حيِّز فراغي لم يسبق اكتشافه، موجود خلف حجرة دفن الملك توت عنخ آمون، ويعتقد علماء أنها ربما تكون مقبرة الملكة المصرية الغامضة نفرتيتي التي لم يُعرف مكانها حتى الآن.

وفي قسم «التحقيقات»، وتحت عنوان "اكتشاف مفتاح تعطيل أنظمة «كريسبر»"، نتناول ما اكتشفته مجموعة من الباحثين من أدوات أُطلق عليها اسم «مضادات كريسبر»، قد تُستخدم للتحكم بدقةٍ أكبر في نشاط أنظمة «كريسبر»، أو كتدابير مضادة لمواجهة تهديدات الأمن البيولوجي. وفي تحقيق آخر، وتحت عنوان «مستقبل أبحاث الجينوم في أفريقيا»، نتعرف إلى نشاط عدد من العلماء النيجيريين الذي يبذلون أقصى طاقاتهم لتحويل نيجيريا إلى مركز للأبحاث الجينية في أفريقيا، والعوائق التي تحول دون تحقيق هذا الحلم، وكيف يعملون على تجاوزها.

وفي قسم «التعليقات»، وتحت عنوان "فلنشرب مزيدًا من المياه المُعاد تدويرها"، تستعرض سيسيليا تورتاهادا، وبيير فان رينسبِرج، ثلاث خطوات يمكنها -بدرجةٍ كبيرة- تحسين الانطباع العام عن المياه المُعاد تدويرها، لاستخدامها في الشرب، في ظل أزمة نقص المياه العالمية الآخِذة في التفاقُم.

أما في قسم «كتب وفنون»، فيقدّم إحسان مسعود ثلاثة كتب تحذِّر من مخاطر الأفكار الاقتصادية غير المُثبَتة، ناصحًا الحكومات بالانتباه إلى الأدلة على الأفكار الاقتصادية تحت عنوان « مخاطر الفرضيات الاقتصادية غير المُثبَتة». وفي القسم نفسه، وتحت عنوان «تقويض الحقائق والترويج للشك»، تستعرض فيليسيتي لورانس ممارسات الفساد التي تقوم بها الصناعات المختلفة بدءًا من صناعة التبغ إلى صناعة الأغذية والوقود، والتي تشمل إنكار الحقائق والخداع والتشكيك، وغيرها من أشكال الفساد المختلفة.

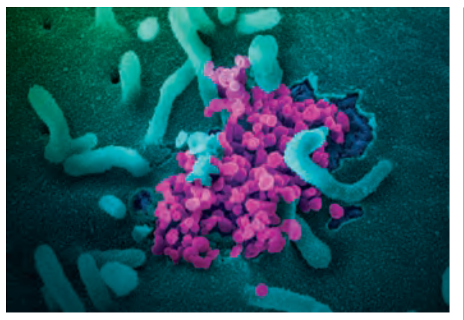
أما في قسم «أخبار وآراء»، يستعرض توليا سي. برونو ثلاث دراسات تكشف أن وجود عنصرين مناعيين أساسيين في الأورام السرطانية -هما الخلايا البائية، والمجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية- يرتبط بنتائج إيجابية في الأفراد عند تَلَقِّيهم العلاج المناعي، تحت عنوان "الخلايا البائية تتقدم العلاجات المناعية"، كما يتناول مارتشين شيشليك، وآرول إم. تشينايان، ست دراسات متعددة الجوانب تتناول أكثر من 2600 ورمٍ من 38 نسيجًا سرطانيًّا، كانت ثمرة مشروع تحليل الجينومات الكاملة للأنواع السرطانية المختلفة (PCAWG).

رئيس التحرير
علياء حامد

المحتويات



بركان فيزوف حَوَّل الأدمغة إلى زجاج وأحرق العظام ص.15



مخاوف من انتشار كورونا في الدول ذات النظم الصحية الضعيفة ص.24



خطوط زمنية متداخلة للمدينة الفاسدة المزدوجة ص.44

افتتاحيات

7 **تقويم مسار أهداف التنمية المستدامة**
مضاعفة الجهود لتعزيز البحث العلمي والسياسات من أجل تحقيق أهداف الأمم المتحدة قبل فوات الآوان

8 **فلنضع الرعاية الصحية الشاملة في قائمة أولوياتنا**
حان الوقت لتعزيز أنظمة الرعاية الصحية في البلدان الأكثر عرضة لاندلاع الأوبئة

9 **عالَمٌ خالٍ من الجوع بفضل التفكير في الأنظمة**
لما يجب علينا تبني منهجًا منظمًا لتحسين التغذية حول العالم

رؤية عالمية

11 **فيروس كورونا: يجب على المستشفيات التَّعلُّم من الأوبئة الماضية**
ترى ناهد باديليا أنّ علينا استخدام الأساليب التي تعلمناها جيدًا عندما واجهنا حالات تَفَشٍّ سابقة، استعدادًا لما سيستجدّ من هذه الحالات

أضواء على البحوث

12 ذبذبات غريبة من عنصر متلألئ/ الأمم الأكثر إهدارًا للغذاء / بذرة مرض باركنسون توجد منذ الولادة/ حديث الآباء مع الرُّضَّع يعزز المهارات اللغوية للأطفال/ جين يمنح طفيليات قدرة على التنكر

موجز الأخبار

16 الصين تقترب من الصدارة في الإنفاق البحثي/ كوكب خارج نظامنا الشمسي في نطاق المنطقة الصالحة للحياة/ أَدَقّ صورة للشمس على الإطلاق/ الصين تحظر تناوُل الحيوانات البرية/ لمحة عن مراحل التاريخ البشري المبكرة

أخبار في دائرة الضوء

19 الأحداث العلمية المُرتَقَّبة خلال هذا العام

21 مسوح الرادار تعيد إثارة الجدل حول مقبرة نفرتيتي

23 ازدهار محاولات استخدام أداة التحرير الجيني «كريسبر» لمكافحة الأمراض

24 مخاوف من انتشار كورونا في الدول ذات النظم الصحية الضعيفة

25 انخفاض درجة حرارة أجسام البشر

تحقيقات

26 **اكتشاف مفتاح تعطيل أنظمة «كريسبر»**
مجموعة من الأدوات المعطلة لأنظمة «كريسبر» قد تُسْهِم في مجالَي الطب، والأمن البيولوجي

29 **مواد فائقة البرودة تبعث بالحرارة إلى الفضاء**
تصميم الدهانات والمواد البلاستيكية، وحتى الأخشاب، بحيث تحتفظ ببرودتها تحت ضوء الشمس المباشر

32 **مستقبل أبحاث الجينوم في أفريقيا**
شركات نيجيرية ناشئة تعمل جاهدة لتحويل بلدها إلى مركزًا للأبحاث الجينية

تعليقات

37 **فلنشرب مزيدًا من المياه المُعاد تدويرها**
ثلاث خطوات لتحسين الانطباع العام عن المياه المُعاد تدويرها؛ لاستخدامها في الشرب
سيسيليا تورتاهادا، وبيير فان رينسبِرج

كتب وفنون

40 **مخاطر الفرضيات الاقتصادية غير المُثبَتة**
إحسان مسعود

42 **تقويض الحقائق والترويج للشك**
فيليسيتي لورانس

44 **خطوط زمنية متداخلة للمدينة الفاسدة المزدوجة**
ليزبيث فينيما

مهن علمية

59 **أسرار صياغة مقترحات بحثية تحصد المِنَح التمويلية**
كيف تتجنَّب الوقوع في الأخطاء عند التقدم للحصول على منح بحثية تمويلية

حيث أعمل

64 **مارتن بولياكوف**
آمبر دانس

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أبحاث

أنباء وأراء

45 علم المناعة السرطاني
الخلايا البائية تتقدم العلاجات المناعية
ترتبط الخلايا البائية بنتائج إيجابية في الأفراد عند تَلَقِّيهم العلاج المناعي
توليا سي. برونو

46 تكنولوجيا نانوية
دوائر كهربية تؤدي مهام التصنيف في تقنيات تعلُّم الآلة
التصنيف باستخدام دوائر كهربية غير تقليدية قائمة على السيليكون
سايروس إف. هيرجيبيدين

48 علم وراثة السرطان
مشروع جينومي عالمي يكشف مدى تعقيد السرطان
مشروعٌ دولي ضخم يُسفر عن دراساتٍ متعددة الجوانب، تتناول أكثر من 2600 ورمٍ
مارتشين شيشليك، وآرول إم. تشينايان

50 علم الفلك
عنقود مجرِّي يضيء العصور الكونية المظلمة
بدء تكوين النجوم في عنقود مجرِّي بعيد بعد 370 مليون سنة من الانفجار الكبير
نينا إيه. هاتش



فرص غير متكافئة

تلعب التغذية دورًا أساسيًا في معدلات الإصابة بالأمراض والوفاة بين الأطفال، كما يُعدّ الحصول على التعليم أيضًا عاملًا حاسمًا عندما يتعلق الأمر بصحتهم. يقدِّم سيمون هاي وزملاؤه، ورقتين بحثيتين - نعرض واحدة منهما في هذا العدد- تتناولان، بالمسح عالي الدقة على المستوى دون الوطني، قصور نمو الأطفال ومستوى التحصيل التعليمي بين أعوام ٢٠٠٠ و٢٠١٧، لنحو مئة بلد منخفض الدخل ومتوسطه، على نطاق يضم أفريقيا إلى الشرق الأوسط وآسيا وأمريكا الجنوبية.

وجد الباحثون أنه رغم تحقيق تقدم ملحوظ في كلا المجالين، لا تزال هناك أوجه تفاوت كبيرة بين المناطق الجغرافية في عديد من الدول. ورغم أن إمكانات الأطفال غير محدودة، فإن الفرص المتاحة لهم -فيما يبدو- ليست كذلك. **صفحة 54**

صورة الغلاف: Anthony Asael/ Art in all of Us/ Getty

ملخصات الأبحاث

53 **أهمية المناطق الجبلية في توفير المياه**
W. Immerzeel *et al.*

53 **التقدم المُحرَز في تحقيق أهداف التنمية المستدامة**
Z. Xu *et al.*

53 **ماضي الجليد النهري العالمي ومستقبَله**
X. Yang *et al.*

54 **تحليل الجينومات الكاملة للأنواع السرطانية المختلفة**
The ICGC/TCGA Pan-Cancer Analysis of Whole Genomes Consortium

54 **مؤشرات قصور نمو أطفال الدول منخفضة الدخل ومتوسطته**
Local Burden of Disease Child Growth Failure Collaborators

55 **ارتباط الوفيات المبكرة بانتقال تلوث الهواء**
R. Burstein *et al.*

55 **أجرام محاطة بالغبار حول الثقب الأسود عظيم الكتلة لمجرّتنا**
A.Ciurlo *et al.*

56 **تشكُّل نشاط الدماغ وسلوك البحث عن الغذاء**
J. Marques *et al.*

56 **تخليق أيسومرات سكرية بتصاوغ صنوي انتقائيّ الموقع**
Y. Wang *et al.*

56 **آخِر ظهور للإنسان المنتصب في نجاندونج**
Y. Rizal *et al.*

57 **ماهِيّة التفاعلات النووية القوية**
A. Schmidt *et al.*

57 **العناصر السريعة والبطيئة في التعلُّم الحركي**
S. Kollmorgen *et al.*

57 **فيروس كورونا جديد يصيب البشر في الصين**
F. Wu *et al.*











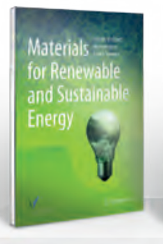












كتب مؤلفة	كتب التقنيات الاستراتيجية	ثقافتك	مجلة العلوم والتقنية	مجلة العلوم والتقنية للفتيان	مجلة نيتشر الطبعة العربية	KACST Peer Reviewed Journals
صناعة إنتاج المعرفة	الإعداد للتقنيات الاستراتيجية	نحو مجتمع مثقف علمياً	إثراء المعرفة العلمية	إعداد النشء لمستقبل أفضل	نقل وتوطين المعرفة	Journals for Strategic Technologies



http://publications.kacst.edu.sa

مطابع مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
الرقم: 340517

nature

تقويم مسار أهداف التنمية المستدامة

معظم أهداف التنمية المستدامة لن تتحقق. وها هي طريقة إعادتها إلى مضمارها الصحيح.

وَفَدَ قادة العالم من شتى بقاع الأرض إلى ولاية نيويورك في عام 2015 من أجل حضور مؤتمر فريد من نوعه، نظمته الأمم المتحدة، بهدف القضاء على الفقر، ووقف تدمير البيئة، وتعزيز العيش الكريم. في عالم الدبلوماسية متعددة الأطراف، تشيع هذه النوعية من اللقاءات، وإن كانت تنزع إلى التركيز على قضايا بعينها، مثل تغير المناخ، أو الأمن الغذائي، إلا أن ما ميز قمة عام 2015 دون سواها هو أن رؤساء الدول والحكومات تعهدوا باتخاذ إجراءات ملموسة عبر مجموعة متكاملة من القضايا الاقتصادية، والبيئية، والاجتماعية. فقد وقَّعوا على أهداف التنمية المستدامة، المعروفة اختصارًا بـ(SDGs)، وهي حزمة من 17 هدفًا، وما يرتبط بها من غايات؛ للقضاء على الجوع، والفقر المدقع، والحد من أوجه عدم المساواة، والتصدي لتغير المناخ، ووقف نزيف التنوع الحيوي والأنظمة البيئية، وكل هذا بحلول عام 2030.

والآن، وقد بات الموعد النهائي على بُعْد عقد واحد منا، فمن المتوقع ألا يصيب العالَم معظم «أهداف التنمية المستدامة». اثنان فقط من هذه الأهداف –وهما القضاء على الوفيات التي يمكن تجنُّبها بين حديثي الولادة، والأطفال دون سن الخامسة، وإلحاق الأطفال بالمدارس الابتدائية– هما الأقرب إلى التحقق عن بقية الأهداف الأخرى. وعلى النقيض من ذلك.. لن يتحقق الهدف المرتبط بالقضاء على الفقر المدقع، حيث إنه لا يزال متوقَّعًا أن يعيش حوالي 430 مليون شخص في هذه الظروف نفسها في عام 2030.

أما الأهداف المرتبطة بالقضاء على الجوع، وحماية المناخ، والتنوع البيولوجي، فهي بعيدة كل البعد عن مضمارها الصحيح. ففي الوقت الذي تُحرز فيه دولٌ من تلك الأكثر ثراءً شيئًا من التقدم فيما يتعلق بتحقيق أهداف التنمية المستدامة بصفة عامة، فإنه من غير المتوقع أن تحقِّق ثلثا الدول الأفقر الأهدافَ المتعلقة حتى بأبسط احتياجاتها الأساسية.

إنَّ أهداف التنمية المستدامة في غاية الأهمية، وفترة خمس سنوات هي وقت قصير للغاية لنعاين خلاله تقدمًا حقيقيًّا نحو التحول الاقتصادي، وهو الأمر الذي لا بد أن يحدث، إذا أُرِيد لهذه الأهداف أن تتحقق بالكامل. وفي الوقت نفسه، كان لأهداف التنمية المستدامة أثر إيجابي عميق، خاصة في مجالَي البحث العلمي، والتعليم العالي، إذ تتضافر المَعاهد على مستوى العالم لدعم أهداف التنمية المستدامة، ويضطلع أعضاء هيئات التدريس والطلاب بمسؤولياتٍ ترتبط بهذه الأهداف، بدءًا من التخلص من البلاستيك غير القابل لإعادة الاستخدام، حتى التحول إلى استخدام الطاقة المتجددة. ولأنّ هذه الأهداف -بطبيعتها- تجمع بين عدة مجالات، فقد شحذت إجراء المزيد من البحوث العلمية، وفتحت أيضًا للعلماء آفاقًا جديدة للبحث في مجالات البيئة، والهندسة، والسياسات الصحية، واقتصادات التنمية، وغيرها، غير أن هذه النقاط الإيجابية لا يمكنها أن تحجب النمط الذي لا يزال غير مُبَشِّر. ويُعْزِي الأمين العام للأمم المتحدة، أنطونيو جوتيريش، سبب التلكؤ في إحراز التقدم إلى انعدام التمويل. فالأهداف المرجوة تتراوح كُلْفتها بين 5، و7 تريليونات دولار أمريكي سنويًّا، وقد وصلت قيمة العجز في ذلك المبلغ إلى 2.5 تريليون دولار أمريكي.

هذا.. وثمة عائق أكبر؛ إذ ما تزال الأهداف تمثل جهدًا اختياريًّا، بالرغم من أن رصد التقدم المُحرَز هو عملية تجري على نطاق شامل. وتُصْدِر منظمة تابعة للأمم المتحدة، تُسمى «شبكة حلول التنمية المستدامة»، تقريرًا سنويًّا يُقيِّم أداء الدول فيما يتعلق بأهداف التنمية المستدامة. وفي



"الوقت قصير.. وثمة الكثير مما ينبغي فِعْله عندما ندرك أنه لم يَعُدْ متبقيًا أمامنا سوى عشر سنوات".

الصفحة الرابعة والسبعين من تقرير هذا العام، يصف باحثون من الولايات المتحدة الأمريكية والصين كيف يمكن رصد التقدم بدقة أكبر (Z. Xu *et al*. *Nature* **577**, 74–78; 2020)، (انظر أيضًا الصفحة الثامنة من التقرير)، إلا أنه ليس هناك ما يُلزِم الدول بالإبلاغ عن أدائها.

ولكي تتحقق أهداف التنمية المستدامة، يجب أن تصبح إلزامية. وليس بالضرورة أن تكون إلزامية بالمعنى القانوني، وإنما بمعنى أنه يتعين على الدول إدراك عدم وجود بديل لتحقيقها. وأحد النماذج التي يمكن القياس عليها هو الطريقة التي تُبْلِغ بها الدول عن بياناتها الاقتصادية، إذ لا يوجد قانون دولي ينص على وجوب إبلاغ كل دولة عن بياناتها، مثلما يحدث في حالة بيانات الإنفاق الاستهلاكي، التي تدخل في حساب إجمالي الناتج المحلي (GDP). غير أنه على مدار أكثر من 50 عامًا كانت هذه البيانات تُجمع بشكل مفصل، أما الآن، فتبلغ مكاتب الإحصاء الوطنية عن هذه البيانات كل ثلاثة أشهر، إذ تدرك كل هيئة حكومية ضرورة أن يبدو اقتصاد الدولة في حالة نمو دائم، وبالتالي يجب أن تكون البيانات التي يتحدد على أساسها الناتج المحلي الإجمالي في حالة ازدياد مطرد. ولهذا.. يُبْذَل جهد وطني ضخم للتأكد من أن الجميع يعملون تجاه تحقيق ما يمكن تسميته بـ«أهداف إجمالي الناتج المحلي». ومن غير المرجح أن تتحقق أهداف التنمية المستدامة، ما لم ترتكز هي الأخرى على جهد وطني متراكم مماثل.

في الوقت ذاته، ومثلما يشار في كثير من الأحيان، يتعارض بعض أهداف الناتج المحلي الإجمالي مع جهود الاستدامة، مثل أهداف التنمية المستدامة. ولنأخذ على سبيل المثال: المصادر الجديدة للطاقة المستمدة من الوقود الأحفوري، حيث توفِّر هذه المصادر الطاقةَ، التي توجد حاجة ماسة إليها، للمجتمعات المفتقِرة إلى الاحتياجات الأساسية، كما تسهم بشكل إيجابي في النمو الاقتصادي، إلا أنها تؤثر بالسلب أيضًا على البيئة، وصحة الإنسان، غير أن التأثير الاقتصادي الإيجابي هو فقط ما يُهِمّ في البيانات الرسمية، وهذا هو أحد أسباب الصعوبة البالغة في تحويل مصادر الحصول على الطاقة إلى برامج الطاقة المتجددة، ولكنه ليس السبب الوحيد حتى الآن. ربما يتمثل أحد الحلول في تضمين تكلفة تدهور البيئة في الحسابات القومية، رغم أنه لا يوجد حتى الآن سوى قليل من التوافق حول الطريقة التي يمكن بها فِعْل ذلك.

مزيد من التركيز

أحد الجهود التي تقودها الأبحاث، والتي تحقق مزيدًا من التوافق، هو تقرير التنمية المستدامة العالمية (GSDR). ومن المقرر أن يُنشر هذا التقرير كل أربع سنوات، بتكليف من الأمين العام للأمم المتحدة، وأن يتولى كتابته فريق يضم 15 مؤلفًا، ترشِّحهم الدول الأعضاء في الأمم المتحدة، بحيث يعمل كل واحد منهم على حدة مع القطاع الأوسع من المجتمع العلمي. وقد نُشر التقرير الأول في سبتمبر الماضي، وكان من المقرر أن تعيِّن الأمم المتحدة في شهر يناير مؤلفين لكتابة التقرير الثاني، المزمع نشره في عام 2023.

يعي مؤلفو التقرير الأول افتقار أهداف التنمية المستدامة إلى آلية إبلاغ إلزامية، وتضاربُها -في بعض الحالات- مع أهداف إجمالي الناتج المحلي. وقد توصلوا إلى حل مبتكر، إذ أوصوا بأنْ تدرس الدول إعادة توزيع أهداف التنمية المستدامة، البالغ عددها 17 هدفًا، في 6 «نقاط أوّلية»، هي: رفاهية الإنسان (بما في ذلك القضاء على الفقر، والنهوض بالصحة والتعليم)، والاقتصاد المُستدام (بما في ذلك الحدّ من أوجه عدم المساواة)، وإتاحة الحصول على الطعام والتغذية السليمة، وإتاحة الحصول على الطاقة (إضافة إلى إزالة الكربون منها)، والتنمية العمرانية، والأمور العالمية المشترَكة (التي تجمع بين التنوع الحيوي، وتغير المناخ).

إنها توصية حكيمة.. فالتركيز على مجموعة أهداف أصغر وأكثر تكاملًا من شأنه أن يساعد على تقليل الحالات التي يمكن أن يؤدي فيها تحقيق أحد أهداف التنمية المستدامة إلى إعاقة هدف آخر. ولنأخذ مثلًا نموذج طاقة الرياح، حيث تلعب هذه الطاقة دورًا مهمًّا في الوفاء بإجراءات التنمية

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

nature

المستدامة بشأن المناخ، لكنْ إذا صُممت مَزارع طاقة الرياح في الأماكن الخطأ، أو إذا وُضعت التوربينات على ارتفاعات خاطئة، فمن المحتمَل أن يضر ذلك بأسراب الطيور، مما قد يؤثر على هدف التنمية المستدامة بشأن حماية التنوع الحيوي والأنظمة البيئية. وبموجب مقترحات تقرير التنمية المستدامة العالمية، يُفترض أن يُضَمَّن المناخ والتنوع الحيوي في فئة عمل واحدة. وإذا نُفِّذت الإجراءات كما ينبغي، فإن هذا قد يعني أن القرارات المتعلقة بمصادر الطاقة الجديدة قد تحتاج إلى وضع عواقب التنوع الحيوي في الاعتبار، وبالتالي تقليل أعداد محطات توليد الطاقة من الرياح، التي ينتهي بها المطاف في أماكن غير ملائمة.

كيف يمكن إذَن تنفيذ توصيات تقرير التنمية المستدامة العالمية؟ لا يتضح حتى الآن ما إذا كانت هذه التوصيات قد وصلت إلى وزارات المالية، والاقتصاد، والبنوك المركزية، أم لا، حيث يتعين الانتباه إليها. ويُذكر أنه في شهر ديسمبر الماضي، عَيَّن جوتيريش المحافظَ السابقَ لبنك إنجلترا، مارك كارني، مبعوثًا للأمم المتحدة بشأن المناخ. وهذه خطوة إيجابية؛ لأن منصب كارني يمَكِّنه من توسيع نطاق تأثير التقرير، من خلال تكوين صلة رسمية بين فريق تقرير التنمية المستدامة العالمية، وصانعي السياسات الاقتصادية.

وعندما يتقلد العلماء الخمسة عشر المكلفون بإعداد التقرير التالي مناصبهم، يجب عليهم أيضًا أن يحثوا جوتيريش على أن يوفر لهم الموارد اللازمة لرفع التوعية بعملهم أكثر، بشكل يصبح معه معروفًا ومؤثرًا، شأنه في ذلك شأن تقارير الأمم المتحدة عن المناخ، والتنوع الحيوي.

دُشنت أهداف التنمية المستدامة في وثيقة صادرة عن الأمم المتحدة في عام 2015 بعنوان «تحويل عالمنا» *Transforming our World*، لأن التحول إلى عالَمٍ بلا جوع، ولا أمراض، وتتوافر فيه وظائف مُجدية وبيئة نظيفة، لهو أمرٌ يتطلب تحولًا جذريًّا. ووفقًا للأنماط الحالية، ثمة أمارات محدودة على كون هذا التغيير سوف يتحقق بحلول عام 2030. ويُعَد هذا سببًا لمضاعفة الجهود السياسية التي تُوَجِّهها الأدلة. إنّ التغيير الحقيقي لن يتحقق، حتى يتم توطيد مساحات التواصل بين المجال البحثي، ووضْع السياسات.

الوقت قصير.. وثمة الكثير مما ينبغي فِعْله عندما ندرك أن لم يَعُدْ متبقيًا أمامنا سوى عشر سنوات.

فلنضع الرعاية الصحية الشاملة في قائمة أولوياتنا

ينبغي لزعماء الدول والجهات الدولية المانحة للتبرعات تقديم يد العون؛ لتعزيز النظم الصحية في البلدان الأكثر عرضةً لاندلاع الأوبئة.

في الوقت الذي يواصل فيه فيروس كورونا «سارس-كوف-2» انتشاره المميت، تعمل منظمة الصحة العالمية (WHO) على لفت انتباه العالم إلى الخطر الذي يشكله الفيروس على الدول الأفقر والأكثر عرضةً لخطره، لا سيما في أفريقيا، وذلك لأسباب وجيهة.

ففي أثناء مثول هذا العدد من مجلة «*Nature* الطبعة العربية» للطبع، كان قد تأكَّد وقوع أكثر من 300 ألف حالة إصابة بالعدوى، وما يقرب من 13 آلاف حالة وفاة. وربما يكون الآلاف من المواطنين الصينيين قد عادوا إلى وظائفهم في قارة أفريقيا، بعد انتهاء عطلة العام الجديد، التي مَدَّتها الحكومة الصينية. وإذا وصل الفيروس إلى أفريقيا أيضًا، فقد ينتشر سريعًا، دون أن تكتشفه السلطات الصحية، لأنَّ النظم الصحية في مناطق عديدة من القارة ضعيفة للغاية، ولا تملك التمويل الكافي للتعامل مع ذلك الموقف.

ونتيجةً لذلك سارعت منظمة الصحة العالمية بتزويد 14 دولة -من بينها جمهورية الكونغو الديمقراطية، وإثيوبيا، ونيجيريا- بتقنيات التشخيص، والخبرات، والمعدات اللازمة لكشف الفيروس واحتوائه. كما دعت المنظمة إلى توفير 675 مليون دولار أمريكي؛ لمساعدة الدول التي يهددها المرض، وهو مبلغٌ تَعتقِد المنظمة -حسب تقديراتها- أنَّه سينفد بحلول نهاية شهر إبريل القادم.

ومع ذلك.. في الوقت الذي تبدأ فيه الجهات المانحة للتبرعات في توفير المساعدات الطارئة -وفي صدارتها مؤسسة «بيل وميليندا جيتس»، التي تعهدت بتوفير 100 مليون دولار لمواجهة المرض- فمن الصعب ألَّا نشعر بأنَّنا قد مررنا بالموقف ذاته من قبل، إذ كثيرًا ما تُصاحِب تفشي الأمراض المُعدية تعهداتٌ من هذا القبيل؛ لتحسين جهود متابعة انتشارها، ووعودٌ بتمويل جهود تطوير العقاقير واللقاحات، بيد أن ما ينقصنا هو توفير التمويل المستدام للعيادات التي تقدِّم خدمات الطب العام على مستوى المجتمعات المحلية. كما أننا بحاجة إلى تمويل تعليم الطب والتمريض، وإلى الاستثمارات اللازمة لدعم المستشفيات بالإمدادات، والكهرباء، وخدمات المياه.



نسبة العاملين في مجال التمريض في سبع من الدول التي ستساعدها منظمة الصحة العالمية تبلغ بالكاد عامل تمريض واحدًا لكل ألف نسمة".

وهذه كلها خطواتٌ ستساعد الدول على مكافحة الأمراض المُعدية، وتحسين الصحة العامة، حسبما أوضح المدير العام لمنظمة الصحة العالمية، تيدروس أدهانوم جيبريسوس، في بيانٍ حث فيه على الاهتمام بهذه الإجراءات في نهاية الشهر الماضي. وجديرٌ بالذكر أنَّه وفقًا لأحدث الإحصائيات الصادرة عن البنك الدولي، فإنَّ نسبة العاملين بالتمريض في سبع من الدول التي ستساعدها منظمة الصحة العالمية تبلغ بالكاد عامل تمريض واحدًا لكل ألف نسمة. ويفتقر أكثر من 50% من سكان القارة السمراء، البالغ عددهم 1.2 مليار نسمة، إلى إمكانية الحصول على خدمات الرعاية الصحية الأولية الأساسية.

ولكي نكون منصفين، فقد بدأ الموقِف الحالي يشهد تحولًا بالفعل. ففي عام 2016، خصَّص كلٌّ من البنك الدولي، والصندوق العالمي لمكافحة الإيدز والسل والملاريا مبلغ 24 مليار دولار لدعم الرعاية الصحية الشاملة في أفريقيا، على مدار فترةٍ تمتد من 3 إلى 5 سنوات. كما يقود رئيس رواندا بول كاجامي حاليًّا فرقة عمل تابعة للاتحاد الأفريقي، لتوفير تغطيةٍ صحية شاملة ملموسة في جميع الدول الأعضاء بالاتحاد، البالغ عددها 55 دولة، وذلك جزئيًّا من خلال الالتزام بإنفاق 5% من الناتج المحلي الإجمالي على الرعاية الصحية.

وفي المناطق التي تتسم فيها الأنظمة الصحية بدرجة معقولة من القوة، ربما تكفي زيادة المساعدات زيادةً مؤقتة؛ بهدف متابعة انتشار الأمراض المُعدية، كما يحدث حاليًّا، لكنْ في البلدان الأفقر، ذات الأنظمة الصحية الأضعف، فسنجد أنَّ حتى أفضل المشروعات ستعاني بمجرد نفاد تلك المنح، وهو ما يتضح جليًّا في حالة مرض الإيبولا.

وبعد انتهاء أكبر تفشٍ للإيبولا شهده العالَم، الذي انتهى في عام 2016، خصصت الجهات المانحة -ومنها الحكومة الأمريكية، والبنك الدولي- أكثر من 100 مليون دولار لتمويل مبادراتٍ تهدف إلى تعزيز الأنظمة الصحية، وأنظمة متابعة انتشار الأمراض، وذلك في البلدان الثلاثة الأكثر تضررًا من ذلك التفشي، وهي ليبيريا، وسيراليون، وغينيا.

ويُلاحَظ أنَّ عديدًا من هذه المبادرات في طريقه إلى الانتهاء، وقد بدأت تظهر علامات التدهور على خدمات الرعاية الصحية في تلك الدول. فمنذ الصيف الماضي، اندلعت احتجاجاتٌ في ليبيريا على خلفية انهيار الاقتصاد والنظام الصحي الوطني. وتفيد تقاريرٌ بأنَّ المستشفيات الكبرى تفتقر إلى أدوية الطوارئ، ويقول العاملون في مجال الصحة وفَنِّيُّو المختبرات إنَّهم لم يتقاضوا رواتبهم منذ شهور. هذا.. بالإضافة إلى أنَّ هناك مرضى لم يتمكنوا من الحصول على خدمات العيادات. وهذه المشكلة لا تواجهها ليبيريا فقط، ففي كثيرٍ من البلدان الأفقر،

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

يجني العاملون في النظم الصحية بالكاد ما يكفي من المال لمعيشتهم.
وللجهات المانحة الدولية أسبابٌ تجعلها تعزف عن توفير تمويلٍ طويل الأجل لدفع رواتب الموظفين الحكوميين. وأحد أكبر مخاوف هذه الجهات يتمثل في أنَّ فعل ذلك يعني انخراطها بشدة في أعمال كياناتٍ حكومية، وهذه الكيانات تكون -في كثير من الأحيان- منظماتٍ معقدة، يصعب التعامل معها. وإضافةً إلى ذلك.. قد يُنظر إلى تلك الجهات المانحة وكأنَّها تُملِي على الحكومات المستقلة ما يجب أن تفعله.

لا شك أنَّ إيجاد حلولٍ لهذه المشكلات لن يكون بالأمر السهل، لكنْ ينبغي للجهات المانحة أن تفكر كيف يمكن لمبادراتها أن تساعد على تعزيز النظم الصحية الوطنية على المدى الطويل. فعلى سبيل المثال.. يمكن لتلك الجهات أن تتخذ إجراءاتٍ لضمان استمرار العاملين بقطاع الصحة -الذين يُدرَّبون على التعامل مع المرضى المُشتبَه في إصابتهم بفيروس كورونا- في العمل بالمستشفيات ذاتها لخمس سنوات. وقد لا يبدو ذلك أمرًا ذا أولوية في خضم حالة طوارئ، لكنَّه سيكون مثمرًا للغاية مستقبَلًا.

يُذكِّرنا زَحْف فيروس كورونا من جديد بعدم انتباه زعماء الدول والمؤسسات الخيرية المانحة إلى الأوبئة، إلا عندما تقترب العدوى بشدة من بلادهم، لكنَّهم لا بد أن يدركوا أنَّ التخطيط لمواجهة الأوبئة القادمة ينبغي أن يبدأ من الآن.

عالَمٌ خالٍ من الجوع بفضل التفكير في الأنظمة

إطعام جياع العالم يستلزم التطرُّق إلى النظام الغذائي بشتى جوانبه.

اعتادت دونيلا ميدوز -عالمة البيئة الراحلة- أن تطرح على طلابها في كلية دارتموث في هانوفر بولاية نيوهامبشير في سبعينيات القرن الماضي السؤال الآتي: «كيف كان يمكن أن يبدو العالَم، لو كان خاليًا من الجوع؟». كتبت ميدوز -في وقت لاحق- أن الطلاب وجدوا صعوبة في الإجابة على هذا السؤال، ذلك أن تصوُّر أمرٍ ليس بجزءٍ من الحياة الواقعية، فضلًا عن تعلُّم طرق تحقيقه، هي مهارة نادرة. يُدَرَّس هذا الأمر للفنانين، والكُتَّاب، والمهندسين، لكنّ العلماء نادرًا ما يدرسون أمورًا كهذه. عزمت ميدوز على تغيير ذلك، وساعدت في إنشاء حركة عالمية. واليوم، يُنظر إلى نتيجة جهودها –ذلك النهج الذي يُعرَف بالتفكير في الأنظمة– على أنها جزء أساسي من مواجهة التَّحديات العالمية الكبرى، مثل تحقيق أهداف التَّنمية المُستدَامة.

إن التَّفكير في الأنظمة ضروري للغاية لتحقيق أهداف معينة، مثل القضاء على الجوع، وتحسين التغذية، لأنه يتطلب النظر في الطريقة التي يجري بها إنتاج الغذاء، ومعالجته، وتوصيله، واستهلاكه، كما يتطرق إلى كيفية تداخل هذه الأشياء مع صحة الإنسان، والبيئة، والاقتصاد، والمجتمع. وهي أمور صعبة بالفعل، ولكنها ليست مستحيلة إذا كانت العوائق معروفة. لقد تم تناول بعض هذه العقبات، والحلول الممكنة، في منتصف يناير الماضي في سلسلة مقالاتٍ ضَمَّها العدد الأول من «نيتشر فوود» *Nature Food*، وهي إحدى ثلاث دوريات في مجموعة «نيتشر ريسيرش» Nature Research (الدوريتان الأخريان هما: «نيتشر كانسر» *Nature Cancer*، و«نيتشر ريفيوز إيرث آند إنفايرومينت» *Nature Reviews Earth & Environment*)، وقد صدرت في شهر يناير الماضي. ووفقًا لمَدخَل التَّفكير في الأنظمة، فإن تغيير النظام الغذائي –أو أيّ نظام شبكي آخر– يتطلب تحقيق ثلاثة أمور؛ أوَّلها: يحتاج الباحثون إلى معرفة جميع الأطراف الفاعلة في تلك المنظومة؛ وثانيها: يجب عليهم تحديد كيفية ارتباطهم ببعضهم البعض؛ وثالثها: عليهم فهْم تأثير هذه العلاقات على بعضها البعض، وعلى الأطراف التي لا تنتمي إلى هذا النظام، وقياسه.

لنتناول التغذية كمثال؛ ذكرت منظمة الأغذية والزراعة -التابعة للأمم المتحدة- في تقريرها الأخير بشأن الأمن الغذائي العالمي أن عدد الأشخاص الذين يعانون من نقص التغذية في العالم في ازدياد منذ عام 2015، على الرغم من التقدُّم الكبير في علم التغذية. وعلى سبيل المثال، أسهم تتبُّع وزارة الزراعة الأمريكية لتأثير 150 مادة كيميائية حيوية في الغذاء، وكذلك الاطلاع على قواعد بيانات مختلفة إسهامًا كبيرًا في الكشف عن العلاقات بين السعرات الحرارية، والسُّكَّر، والدهون، والفيتامينات، وبين حدوث الأمراض الشائعة، غير أن ألبرت لازلو باراباسي -عالِم الشبكات في جامعة نورث إيسترن في بوسطن بولاية ماساتشوستس- وزملاؤه استعانوا بتقنيات تعلُّم الآلة والذكاء الاصطناعي، واقترحوا أن الأنظمة الغذائية البشرية تتألف من 26 ألف مادة كيميائية حيوية على الأقل، وأن الغالبية العظمى منها غير معروفة (*Nature Food* **1**, 33–37; 2020). يُبيِّن هذا أنه لا يزال أمامنا شوط طويل لنقطعه قبل تحقيق هدفنا الأول من التفكير في الأنظمة، وهو في هذه الحالة.. تحديد المزيد من المكونات في نظم التغذية.



إن النظام الغذائي ليس نظامًا متكافئًا"

يستند منهج التفكير في النُّظُم من أجل إحداث التَّغيير كذلك إلى افتراضٍ أن جميع مَن في النظام يتمتعون بنفوذ متساوٍ، ومكانة متساوية، أو التفويض (باللغة الأكاديمية)، غير أنه حسب ما أوضحته شارون فريّل -الباحثة في مجال العدالة الصحيّة في الجامعة الوطنية الأسترالية في كانبرا- وزملاؤها، فإن النظام الغذائي ليس نظامًا متكافئًا، ويُمكِن لنفوذ التجارة العالمية أن تتيح لها تجاهل الاحتياجات البيئية والغذائية (S. Friel *et al*. *Nature Food* **1**, 51–58; 2020). وعلى البلدان أن تسنّ قوانين ولوائح ذات صلة من أجل تحقيق الأهداف العالمية فيما يخص التغذية وتغيُّر المناخ، غير أن هذه المسألة أصبحت صعبة، لأنّ قوانين التجارة العالمية التي وضعتها منظمة التجارة العالمية (WTO) مُلزِمة قانونًا للبلدان المختلفة، في حين أن السياسات المتعلقة بتغيُّر المناخ أو التَّغذية ليست مُلزِمة في أغلب الأحيان.

أدّت الحاجة إلى ثِقَل عالمي مُوازِن لمنظمة التجارة العالمية إلى توجيه نداءات من أجل إنشاء منظمة بيئية عالمية (انظر: go.nature.com/2th18yc، على سبيل المثال). تتمثل طريقة أخرى لتدارك اختلال موازين القوى في أن يحذو المزيد من الجامعات حذو ميدوز في تعليم الطلاب كيفية التَّفكير بالاستعانة بمنهج النُّظُم.

وهو ما فعله بالضبط فريق من الباحثين، من خلال «البرنامج متعدد التخصصات لتعليم النُّظُم الغذائية وتعلُّمها»، (J. Ingram *et al*. *Nature Food* **1**, 9–10; 2020)، وفيه يتعلم طلاب متخصصون في مجالات معينة، كالزراعة، وعلم النظم البيئة، والاقتصاد معًا، من خلال الاستفادة من خبراتهم الجماعية في معالجة مشكلات العالم الواقعي، مثل كيفية الحدّ من هدر الطعام. ومنذ إطلاق البرنامج في عام 2015، تلقَّى أكثر من 1500 طالب من 45 قِسمًا جامعيًّا التدريب فيه.

يجب أن يتعلم المزيد من الباحثين، وصُناع السياسات، وممثلي صناعة الأغذية النظر إلى ما وراء حدود مسؤولياتهم المباشرة، وتبَنِّي منهج النُّظُم، وهو ما يدعو إليه محررو دورية «نيتشر فوود» في افتتاحية إطلاقها (*Nature Food* **1**, 1; 2020). أدركت ميدوز أن الرؤى وحدها لا تصنع نتائج، لكنها خلصت -في نهاية المطاف- إلى أننا "لن نتوصَّل أبدًا إلى نتائج لا يُمكِننا تخيّلها".

رؤية كونية



كتب بواسطة
هايدي ريم

قرار العام الجديد: أسبوعٌ خالٍ من الاجتماعات كل ثلاثة أشهر

تنصح هايدي ريم الباحثين بتخصيص وقتٍ للتفكير العميق، لما لذلك من أهمية للإنتاجية في عالَمٍ يعجّ بالتفاعل المستمر.

في شهر ديسمبر الماضي، أحصيتُ كَمّ الوقت الذي خصصتُه للاجتماعات والمكالمات الجماعية خلال الأشهر الثلاثة السابقة. وبحذف الأيام التي كنتُ مسافرةً فيها، وتلك التي حضرتُ فيها مؤتمراتٍ واجتماعات خارج مقر العمل، وجدتُ أنَّني قضيتُ في الاجتماعات والمكالمات الجماعية ما متوسطه 8.5 ساعة يوميًّا. وعليه، عقدت العزم في هذا العام على حفظ وقت العمل، من خلال تحديد أسبوع كل ثلاثة أشهر، غير مسموح خلاله بانعقاد الاجتماعات والمكالمات الجماعية في مجموعتي البحثية. وحتى الآن، انضمت ثماني مجموعاتٍ أخرى إلى هذه الخطة، ونتوقع أن تنضم إلينا مجموعاتٌ أخرى قريبًا، إذ أعرب أكثر من 500 شخصٍ عن دعمهم لدعوتي إلى هذه الفكرة على منصة «تويتر» Twitter.

ينقسم وقتي بين العمل الأكاديمي، والإكلينيكي، حيث أعمل على اكتشاف أسباب الأمراض النادرة، وأطبِّق علوم الجينوم في قطاع الرعاية الصحية، وأبتكرُ أدواتٍ لدعم الطب الجينومي. وعادةً ما أستهلُّ عملي في تمام الساعة السادسة صباحًا، مما يتيح لي ساعتين أستغرقُ خلالهما في العمل، ويشمل هذا متابعة رسائل البريد الإلكتروني التي تتطلب تركيزًا خاصًّا، والإعداد للمحاضرات والاجتماعات، التي تبدأ عادةً في تمام الثامنة صباحًا. وفي المساء، أنكبُّ على رسائل تطبيق «سلاك» Slack، ورسائل البريد الإلكتروني الباقية. أما الكتابة والتحرير، وتحضير العروض التقديمية الجديدة، وغيرها من المشروعات الأخرى المهمة، فأعمل عليها خلال عطلات نهاية الأسبوع، وأثناء الرحلات الجوية. لا يترك ذلك سوى وقت محدود للمشروعات الكبرى، أو كتابة مقترحات المِنَح، أو التفكير في عملي تفكيرًا عميقًا نقديًّا، أو إبداعيًّا، وهي أمور أحتاج إلى أسابيع خالية من الاجتماعات لأجْلها.

اكتشفتُ هذه الفكرة بالصدفة.. فقبل عدة سنوات، باءت الخطط التي وضعتُها لإجازةٍ بالفشل، غير أنني لم أُعدِّل جدول أعمالي لتلك الفترة، وهكذا لم أحدد مواعيد أي اجتماعاتٍ فيها. وعندما حلَّ أسبوع الإجازة، اعترفتُ بأنَّني كنت أنوي قضاء الوقت في منزلي مع أولادي، الذين كانوا في إجازةٍ من المدرسة. وفي ظل ذهاب ابني الأصغر لحضور معسكر لكرة السلة حينها، وعزم ابنتي الأكبر على قضاء إجازتها بشكل مستقل عنا، وجدتُ نفسي متفرغةً للاستغراق في العمل دون تشتيتٍ تقريبًا؛ فتمكنتُ من إنهاء القائمة الطويلة للمهام المتأخرة المتراكمة، لا سيما المتعلقة بالكتابة والتحرير. وبحلول نهاية الأسبوع، كنتُ قد اطلعتُ على كافة الرسائل الواردة في بريدي الإلكتروني، وتَوَفَّر لديّ وقتٌ أيضًا لمشاهدة الأفلام مع عائلتي في المساء. كانت تجربةً رائعة!

بدأتُ في تكرار التجربة أسبوعًا على الأقل كل عام. وسرعان ما أدرك أعضاء مختبري ما يحدث، فكففتُ عن التظاهر، وأوضحتُ لهم أيَّ الأسابيع كانت إجازاتٍ فعلية (عندما أكون عادةً خارج نطاق التواصل)، وأيها أعمل فيه بالمنزل، دون اجتماعات. وقد احترموا خطّتي، لأنَّهم كانوا يعلمون أنَّني سأُنجز ما يحتاجونه مِنِّي.

بدأت مجموعاتٌ أخرى في معهد برود بمدينة كامبريدج في ولاية ماساتشوستس في تنفيذ فكرة الأسبوع الخالي من الاجتماعات كل ثلاثة أشهر. وجاءت النتائج طيبة للغاية، إذْ أفاد البعض بزيادة إنتاجيتهم، وبأنَّهم تمكنوا من الانخراط في مشروعاتٍ أكبر حجمًا، تتسم بالصعوبة أحيانًا، وتتطلب فتراتٍ أطول من الاهتمام الخالص. ونظرًا إلى أنَّ أكثر من ثلاثة أرباع اجتماعاتي ومكالماتي تُجرَى مع أشخاصٍ من خارج المعهد، ما بَرِحَت تلك الأسابيع تتضمن 30 ساعةً -على الأقل- من الاجتماعات والمكالمات.

وعليه، في أواخر العام الماضي، وَسَّعْتُ نطاق دعوتي؛ ليشمل مجتمع علوم الجينوم الأوسع. ووضعتُ -بعناية- مقترحًا يتجنب التعارض مع المؤتمرات المهمة لعلوم الجينوم، ويتغير فيه بالتناوب الأسبوع الخالي من الاجتماعات كل شهر، لتجنُّب تعارُض تلك الأسابيع على نحوٍ متكرر مع الاجتماعات الشهرية للمجموعات (go.nature.com/2en531y). ومنذ ذلك الحين، أبلغتني عدة مجموعات بأنَّها تعمل على تطبيق هذه الممارسة في برامجها ومختبراتها.

وأقترح على الباحثين أن يشغلوا هذه الأسابيع المقترَحة في جداول أعمالهم على الفور، ثم يبدأوا في إلغاء الاجتماعات المقرَّر عقْدها خلال تلك الأسابيع، أو تغيير مواعيدها، إذ يُمكن -على الأرجح- إلغاء الاجتماعات الأسبوعية الدائمة، وعديدٍ من الاجتماعات الشهرية، التي ستتعارض معها تلك الأسابيع مرةً واحدة فقط في السنة. ولا بأس في الإبقاء على الاجتماعات التي يصعب تحديد مواعيدها. فبمجرد حلول تلك الأسابيع الخالية من الاجتماعات، يُسمَح بالاجتماعات الضرورية حسب الحاجة، بناءً على تقدير مدير المجموعة، لكن يُفترَض أن يكون الغرض المحدد من كل هذا هو إنجاز العمل المخطَّط له في الأسبوع الخالي من الاجتماعات.

ورغم أنَّني لم أجد دراساتٍ تقارن المقاربات المتَّبعة لتقليل عدد الاجتماعات، فإن عديدًا من استطلاعات الرأي أشار إلى أنَّها تمثل لنا عبئًا ضخمًا. فقد وجد استطلاعٌ شمل 182 شخصًا من كبار المديرين في عددٍ من الصناعات أنَّ حوالي ثلثيهم شعروا بأنَّ الاجتماعات تعرقل محاولاتهم للتفكير بعمق، وتعطلهم عن إنهاء مهامّهم (L. A. Perlow *et al.Harvard Business Rev.* **62**–69; July–August 2017).

وبالطبع أربعة أسابيع في السنة هي مقدارٌ زهيد من الوقت بالنسبة إلى الأشخاص الذين يتمحور عملهم -في الأساس- حول الابتكار. لذا.. يحتاج الباحثون والمجموعات البحثية وقطاعات العمل المختلفة إلى تبادل النقاش حول أنظمتهم الخاصة، لمنع الاجتماعات من الإضرار بالإنتاجية والدقة والابتكار. فبعض الأشخاص يحددون يومًا دون اجتماعاتٍ كل أسبوع، بينما يحدد آخرون فترةً من الوقت كل يوم. وهناك شركات تنظم وقتًا دون اجتماعاتٍ أو مكالمات على مستوى الشركة كلها. لذا.. أُشجع كل شخصٍ وبرنامج على تحديد نظامٍ مناسب لهما، والالتزام به.

وبالإضافة إلى تقليل وقت الاجتماعات، لاحِظْ العقبات الأخرى التي تعوقك عن الإنتاج، التي ربما تشمل البريد الإلكتروني، أو وسائل التواصل الاجتماعي. حَدِّدْ أوقاتًا خالية من هذه المُلهِيَات، أو توقفْ عن استخدامها أثناء العمل تمامًا، أو خذ إجازةً مدفوعة، إذا كنتَ تحتاج إلى تغيير بيئة العمل.

وبعيدًا عن الاستراتيجيات الشخصية، وفي ظل العدد الكبير من المشروعات البحثية التعاونية الدولية واسعة النطاق في الوقت الحالي، من المنطقي بذْل جهدٍ دولي منسَّق عبر البرامج والمؤسسات، وتحديد أربعة أسابيع كل عام، يتوافق خلالها الوقت الخالي من الاجتماعات على مستوى العالم.

أحث الجميع على الاستمتاع بهذه الفترات الخالية من الاجتماعات كل ثلاثة أشهر. ولنتحدث معًا حول تجاربنا في نهاية العام. ربما ستساعد تلك الفكرة على تعميق العلاقات بين أفراد المجتمع البحثي.

هايدي ريم كبيرة المسؤولين التنفيذيين لتطبيقات علوم الجينوم في مستشفى ماساتشوستس العام، والمديرة الطبية لمختبَر تجارب تعيين التسلسل في الأبحاث الإكلينيكية، التابع لمعهد برود.
البريد الإلكتروني: HREHM@mgh.harvard.edu

> **"اشغلوا تلك الأسابيع في جداول أعمالكم على الفور".**

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

رؤية كونية

كتب بواسطة
ناهد بيديليا



فيروس كورونا: يجب على المستشفيات التَّعلُّم من الأوبئة الماضية

ترى ناهد باديليا أنّ علينا استخدام الأساليب التي تعلمناها جيدًا عندما واجهنا حالات تَفَشٍّ سابقة، استعدادًا لما سيستجدّ من هذه الحالات.

يختلف عالَمنا الذي يجابه فيروس كورونا الجديد «سارس – كوف – 2» عمّا كان عليه أثناء وبائَي المتلازمة التنفسية الحادة الوخيمة «سارس» SARS، وإنفلونزا الخنازير H1N1. فقد أصبح انتقال المرض نفسه الآن أسرع من أي وقت مضى. وبسرعة مماثلة، نلحظ انتقال المعلومات الصحيحة، بل والمعلومات المُضَلِّلة أيضًا.

عَمِلْتُ طبيبةً إكلينيكيّةً في غرب أفريقيا أثناء تفشي فيروس إيبولا، وفي مستشفيات مدينة نيويورك خلال فترة انتشار فيروس إنفلونزا الخنازير. وأستعد حاليًّا، في بوسطن في مدينة ماساتشوستس، للتعامُل مع حالات يُحتمل إصابتها بالمرض التنفسي الحادّ الناجم عن فيروس «سارس – كوف –2». وأجِد أن تحديات كثيرة من تلك التي أواجهها الآن هي نفسها التي واجهتُها في حالات التفشي السابقة.

ومن الأهمية بمكان معرفة خصائص كل فيروس. ومن الضروري كذلك الإجابة عن سؤال أساسي: ماذا تفعل عندما يلجأ إليك عدد كبير من الأشخاص، آملين في الحصول على الرعاية الطبية على أثر الاشتباه في إصابتهم بعدوى مرض غير مألوف؟ إنّ إجابة هذا السؤال يجب أن تأخذ في الاعتبار ثلاثة قرارات: كيفية التعرُّف سريعًا على الأشخاص المُصابين بالعدوى، وكيفية عزلهم وتوفير الرعاية لهم، وكيفية الحفاظ على سلامة العاملين في مجال الرعاية الصحية.

ومع تفشي هذا الوباء، هناك اتجاهان سيعززان صعوبة تحديد الأشخاص المصابين بفيروس «سارس–كوف–2»، وذلك في الوقت الذي يجري فيه التعامل مع المصابين بأعراض مشابهة في منتصف موسم الإنفلونزا الحالي. فأولًا، عَلَّمنا تفشي فيروس «إيبولا» في عامي 2013، و2016 أهمية فحص سجلات سفر الأشخاص، بيد أن تَزايُد أعداد الدول التي تُبلِغ عن حالات إصابة بـ«سارس – كوف –2» سيصعِّب توجيه العاملين في المستشفيات إلى الأماكن التي يجب عليهم أن يستفسروا عن قدوم الأشخاص منها. كذلك سيتوجب على المستشفيات تصميم استراتيجيات تُبْقي العاملين فيها على دراية بالخريطة المتغيرة لانتشار المرض.

ثانيًا، حسبما تَجَلَّى بوضوح في وباء فيروس إنفلونزا الخنازير، فإنّ الأشخاص الذين لا يملكون تاريخ سفر ذا صلة بالمرض ستَعُجّ بهم أقسام الطوارئ وغيرها من مرافق الرعاية. وسيتعيَّن على المستشفيات تشجيع الأشخاص المُرَجَّح إصابتهم بالفيروس على الخضوع للتَّشخيص سريعًا، بينما تثني المصابين بعدوى أقل خطورة عن طلب الرعاية الطبية الطارئة. وتتولى هيئات الصحة العامة جزءًا كبيرًا من عملية التَّوعية هذه.

تشير البيانات الحالية إلى أنه يمكن للأشخاص المصابين نقل هذا المرض الجديد، قبل ظهور الأعراض عليهم (C. Rothe *et al*. *N. Engl. J. Med.* 2020; http://doi.org/ggjvr8). ويجب على المستشفيات -بجانب التعرُّف سريعًا على الحالات التي سبق لها السفر إلى بؤر المرض- تعزيز تدابير مكافحة العدوى، التي تُطَبَّق عند إصابة أي شخص بأعراض تنفسية، مثل التَّشديد على عادات نظافة اليدين، واستخدام الأقنعة الواقية، والحرص على تطهير الأماكن المزدحمة بصورة دورية، وإيجاد مساحاتٍ يُمكِن فيها عزل المرضى الذين ظهرت عليهم الأعراض؛ وتقديم الرعاية لهم.

ما زال يجري نقل غالبية العيّنات إلى المختبرات المرجعية، في حين



> **ما الذي ينبغي فعله عندما يصل إلى المَرافق الصحية عدد كبير من الأشخاص المصابين بمرضٍ غير مألوف؟"**

ناهد باديليا أستاذ مُساعِد متخصص في الأمراض المُعدية، ومدير طبي لوحدة العوامل المُمْرِضة الخاصة في كلية طب جامعة بوسطن بولاية ماساتشوستس.
البريد الإلكتروني:
nbhadeli@bu.edu

أنه من الضروري إجراء الاختبارات في مكان أقرب إلى سرير المريض، من أجل تحديد الأشخاص المصابين بالفيروس، وفَصْلهم عن الآخرين الذين يعانون أعراضًا مماثِلة.

ويجب أن تحسِم مستشفيات عديدة في البلدان الأكثر ثراءً قراراتها بشأن ما إذا كان ينبغي لها تقديم الرعاية للحالات المصابة بالمرض في وحدات احتواء بيولوجي متخصصة، جرى إنشاؤها لرعاية الأشخاص المُصابين بمرض فيروس إيبولا، أَمْ في غرف مخصَّصة لأولئك المصابين بأمراض أخرى تنتقل عبر الهواء، مثل الدرن، والحصبة. إنّ الحاجة إلى هذين النوعين قد تفوق الإمدادات المتاحة منهما قريبًا، إذا انتشر الوباء. ولذلك.. بوسع المستشفيات وضع خطة تدريجية؛ بحيث يكون جانب منها للتعامل مع عدد قليل من المرضى، ويكون جانب آخَر مخصَّصًا لوقت تقلّ فيه الأَسِرّة المتاحة في أقسام الرعاية المُرَكَّزة، نتيجةَ الأعداد الكبيرة من المرضى. وقد تحتاج المستشفيات إلى التعاون مع المَرافِق المجاورة؛ لضمان حصول كل شخص يحتاج إلى رعاية مركزة على هذه الرعاية.

تواجِه المستشفيات معضلة أخرى، تتمثل في تحديد نوع معدّات الوقاية الشخصية التي ينبغي على العاملين في مجال الرعاية الصحية استخدامها؛ للوقاية من الإصابة بالعدوى. وتُفيد مراكز مكافحة الأمراض، ومنظمة الصحة العالمية بأنه يمكن للعاملين تجنُّب ملامسة سوائل الجسم، والسطوح الملوثة، وجسيمات الفيروسات المتطايرة في الهواء نتيجةَ العطس والسعال باستخدام معدات تتمثل في: القفازات، والمآزر، سواء المرفَقةً بأجهزة تنفُّس مُنَقِّية للهواء، أَمْ بأقنعة الوجه المعتمدة المُرَشِّحة للجسيمات.

وخلافًا للاعتقاد الشائع، فإن الخيار الذي يحقق حماية أكبر ليس دائمًا مأمون العواقب، فالعاملون من غير المدرَّبين على استخدام معدات الوقاية الشخصية المعقدة هم الأكثر عُرضة لاستخدامها بطريقة غير صحيحة؛ بالتالي الإصابة بالعدوى . ففي أثناء تفشي وباء «سارس»، كان أكثر وقت يصبح فيه العاملون عرضة لخطر الإصابة بالعدوى هو أثناء ارتداء هذه المعدّات، وأثناء خلعها. من هنا، ستحتاج المستشفيات أيضًا إلى تدريب الموظفين بصفة مستمرة على استخدام هذه المعدات، فضلًا عن حاجتها إلى توفير الإمدادات منها بصفة متكررة. ويمكن أن تؤثر معدات الوقاية الشخصية المُقيِّدة للحركة أيضًا على جودة الرعاية التي يتلقّاها المرضى. وربما يكون الحصول على معدات الوقاية الشخصية غير الشائعة بكميات كبيرة صعبًا. وإذا اقتضت التغييرات في هذه الإمدادات أن يُغَيِّر العاملون مُعِدّاتهم في منتصف فترة تفشي الوباء، فإن هذا يؤدي إلى زيادة الارتباك. وفي نهاية المطاف، ما يصلح لكل مرفق يختلف باختلاف الموارد، والوضع.

وسيتحتّم على المستشفيات أيضًا التعامُل مع الأمراض التي تصيب طاقم الرعاية الصحية؛ فبتعرُّض المزيد من العاملين للإصابة بالمرض، ستواجه المستشفيات والعيادات صعوبة أكبر في التَّعامل مع التفشي. وإذا أتى العاملون في مجال الرعاية الصحية إلى مقر العمل وهم مصابون بالمرض –وما شهدناه في مدينة نيويورك خلال تفشي وباء فيروس إنفلونزا الخنازير أظهر أن ما يصل إلى 60% من الأطباء الإكلينيكيين تعرَّضوا لذلك فعلًا (N. Bhadelia *et al*. *Infect. Control Hosp. Epidemiol.* **34**, 825–831; 2013)– فقد ينقلوا المرض إلى مرضى، وإلى زملائهم. وتحتاج المستشفيات أيضًا إلى وضع خطط توظيف؛ للتعامل مع نقص العاملين.

أمّا عن وجه الارتباط بين هذه المجموعات الثلاث من القرارات، فهو أن المعرفة العلمية حول مرضٍ ما تتغير، وأن هذه المعرفة –في أفضل الأحوال- عادةً ما تزداد مع تطور وباء جديد. وليس لدينا إلا القليل من الإرشادات حول كيفية صياغة السياسات والإجراءات أثناء التعامل مع حالة الارتباك الناتجة عن فيروس جديد. وعندما ينحسر هذا التَّفشي، سيتحتّم علينا التركيز على تلك الإرشادات؛ لمراجعتها وتنقيحها.

أضواء علي الأبحاث

ذبذبات غريبة من عنصر متلألئ

للمرة الأولى، رصد فيزيائيون بوضوحٍ تحرُّك نوياتٍ ذرية حركةً نادرة ومعقدة، تسمَّى «التذبذب الطولي».

وتجدر الإشارة إلى أن نواة الذَّرة تتكون من البروتونات، والنيوترونات، ويُطلَق عليهما معًا اسم «النيوكليونات». وفي حالة الاستثارة، يُبْدِي بعض النويات ذات العدد الفردي من النيوكليونات حركة تذبذب معقدة، تشبه تلك الحركة التي نشاهدها في لعبة البلبل الدوار، بسبب شكلها الهندسي غير المتوازن. ولم تُرصد حركة التذبذب هذه من قبل سوى حول المحور الأطول أو الأقصر في النويات التي تحتوي على أقل من 170 نيوكليونًا.

وفي دراسةٍ جديدة، أجرتها الباحثة نيروباما سينشارما -من جامعة نوتردام في ولاية إنديانا الأمريكية- وزملاؤها، وجَّه الباحثون سيلًا من أيونات الفلورين إلى هدف من الإيتربيوم، لإنتاج شكلٍ أو نظيرٍ من نظائر الذهب، يُسمَّى «الذهب-187». ودلَّ تحليل أشعة جاما التي أنتجتها نويات هذا الذهب أثناء تحللها على تذبذب هذه النويات. وهذا يجعل نظير الذهب ^{187}Au أثقل نظيرٍ متذبذب معروف.

وقد رصد الفريق البحثي تذبذب نواة نظير الذهب ^{187}Au حول محورٍ لم يكن أطول محاور النواة، ولا أقصرها، بل متوسط الطول، وهي المرة الأولى التي يُرصد فيها مثل هذا السلوك بوضوح.

Phys. Rev. Lett. **124**, 052501 (2020)

الأمم الأكثر إهدارًا للغذاء



يهدر العالَم حاليًّا من الأغذية ضِعْف ما كان يهدره من قبل، وذلك حسب التقديرات السابقة. وتُعَد الدول الغنية مسؤولةً عن ذلك بدرجةٍ كبيرة، إذ تسمح الأسواق بتعفن الخضراوات المحصودة، وتتخلص الأُسَر من بقايا الطعام. وهذه الصور وغيرها من صور فَقْد الغذاء وهدره تقضي على ثلث إمدادات الغذاء في العالم، وفقًا لتقديرات منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة (FAO).

وقد أرادت الباحثة مونيكا فان دن بوس فيرما -من جامعة ومركز أبحاث فاخينينجن في لاهاي بهولندا- وزملاؤها دراسة تأثُّر كمية الغذاء المُهدَرة بثراء المستهلكين، فاستند الباحثون إلى بياناتٍ جمعتها منظمة الصحة العالمية، ومنظمة الأغذية والزراعة، ومنظماتٌ أخرى في عام 2003، لتقدير كَمّ السعرات الحرارية التي اشتراها الأفراد في جميع أنحاء العالم، وما استهلكوه منها، وما أهدروه.

وتبيَّن أنَّ بلجيكا كانت أكثر البلدان إهدارًا للغذاء، وأقلها كانت الفلبين (غطت الدراسة ثلثي سكان العالم، ولم تشمل دولًا كبيرة مهدِرة للغذاء، مثل الولايات المتحدة). ووجد الباحثون أيضًا أنَّه عندما زاد إنفاق الأُسْرة الواحدة ليتجاوز حوالي 6.70 دولار أمريكي في اليوم للشخص الواحد، زادت أيضًا كمية الغذاء المهدَرة بمعدلٍ سريع، ثم تباطأت زيادتها بعد ذلك.

وعلى الصعيد العالمي، يهدِر الفرد الواحد 527 سعرًا حراريًّا في اليوم، أي أكثر من ضِعْف كمية الغذاء التي كان يَعتقِد العلماء أنها تُهدَر سابقًا.

PLoS ONE **15**, e0228369 (2020)

بذرة مرض باركنسون توجد منذ الولادة

اكتشف باحثون أن الإصابة بمرض باركنسون في سن مبكرة وفي منتصف العمر ربما يكون السبب فيها خلل على مستوى الخلايا يوجد منذ الولادة.

يُذكر أن نسبة قِوامها 10% تقريبًا من الحالات التي تُشخَّص بالإصابة بمرض باركنسون تَحْدُث بين أشخاصٍ تتراوح أعمارهم بين 21 عامًا، و50 عامًا، من بينهم النجم السينمائي مايكل جيه. فوكس (في الصورة)، الذي شُخص بالإصابة بالمرض حين كان في التاسعة والعشرين من عمره.

وبهدف العثور على مؤشرات جزيئية تنبئ بظهور مرض باركنسون في سن مبكرة، استعان كليف سفيندسن -من معهد الطب التجديدي بلوس أنجيليس، التابع لمجلس أمناء مركز سيدارز سيناي في ولاية كاليفورنيا- وزملاؤه بخلايا دم مأخوذة من 22 شخصًا أصيبوا بمرض باركنسون في سن مبكرة. وأعاد الباحثون برمجة هذه الخلايا لإنتاج خلايا جذعية، ثم استنبتوا منها خلايا دماغية.

واحتوت تلك الخلايا على تراكُم لبروتينات α-synuclein، التي يُعتقد أن لها تأثيرًا سامًّا على الخلايا العصبية، كما احتوت على ليسوسومات مصابة بخلل وظيفي، والأخيرة هي بِنى خلوية تُنَقِّي الخلايا -في الظروف الطبيعية- من البروتينات غير المرغوب فيها. وبما أنه أمكن تتبُّع أصل المرض إلى جذوره في الخلايا الجذعية، يشك الباحثون في أن المشاركين في الدراسة قد وُلدوا مصابين بخلل في الآليات الخلوية.

ووجد الباحثون كذلك أن عقار PEP005 يقلل بفعاليةٍ من تراكُم بروتين α-synuclein في كل من الخلايا المستنبَتة في المختبر، وفي أدمغة الفئران الحية.

Nature Med. http://doi.org/dkvf (2020)



حديث الآباء مع الرُّضَّع يعزز المهارات اللغوية للأطفال



يمكن أن يبدو الحديث مع الرُّضَّع ساذجًا، لكنّ هذا الحديث البسيط الذي يُستخدَم فيه صوت رقيق، ويستعمله البالغون في التحدث إلى الرُّضَّع وحديثي المشي، ربما يُساعد هؤلاء الأطفال على تعلُّم كلماتٍ جديدة.

يعي العلماء أن سماع الأطفال حديث آبائهم إليهم "بنبرة طفولية" -أي الحديث البطيء المُنَغَّم، والمصحوب بحروفِ علةٍ مبالَغ في نطقها- قد يعزز المهارات اللغوية عند الأطفال. وهذه القدرات اللغوية مؤشرات مهمة على نجاح الأطفال في المدرسة.

ومن أجل دراسة كيف يمكن أن يؤثر تدريب الوالدين على استخدام الحديث بهذه النبرة في تعلّم أطفالهم للغة، طلب الباحثون ناجا فيرجان راميريز، وسارة روزيبري لايتل، وباتريشا كول من جامعة واشنطن في مدينة سياتل الأمريكية من عائلات 71 طفلًا أمريكيًّا أن يسجلوا تفاعلهم مع أطفالهم الرضع في أعمار 6 أشهر، و10 شهور، و14 شهرًا، و18 شهرًا. وكلف الباحثون 48 عائلة بحضور جلسات تدريبٍ تضمنت نصائح حول أنشطة لتعلّم اللغة.

وعلى مدارِ عام، زاد الآباء ممن خضعوا للتدريب من استعمالهم لهذه النبرة بنسبة 21%، في حين زاد الآباء غير الخاضعين للتدريب من استخدامها بنسبة 12%. وبمرور 18 شهرًا، تمكّن أطفال الآباء الخاضعين للتدريب من نطق حوالي 2200 تركيب لفظي في 12 ساعة، وهو عدد أكبر بنسبة 40% تقريبًا من نظيره عند الأطفال الذين لم تتلق عائلاتهم تدريبًا.

Proc. Natl Acad. Sci. USA http://doi.org/dk8j (2020)

ALAMY

GETTY

JASON LAVERIS/GETTY

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أعضاءٌ شفافة تكشف ما بداخلها

S. ZHAO *ET AL.*/CELL

نموذج ثلاثي الأبعاد لكُلْية، يُظهِر الأوعية الدموية (باللون الأخضر الفاتح).

لدراسة آليات عمل الجسم من الداخل، يعمد العلماء -بوجه عام- إلى تقطيع الأعضاء البشرية، لينتجوا صورًا ثلاثية الأبعاد من عدة شرائح رقيقة من الأنسجة. وهي عملية تستغرق وقتًا طويلًا، بالإضافة إلى أنَّها عرضةٌ للخطأ. لذا.. طوَّر باحثون مؤخرًا طريقةً لدراسة الأعضاء البشرية من الداخل، بدون إتلافها، وعلى نحو يُظْهِر التفاصيل المجهرية لها، إذ قام الباحث علي آرتورك -من مركز هِلمهولتز بمدينة ميونخ الألمانية- مع زملائه بنقع أعضاء في مواد كيميائية تحافظ على بِنْية الأنسجة، بينما تجردها من الدهون والأصباغ التي تعوق عادةً نفاذ الضوء. وتجعل هذه العملية الأنسجة مُنفِذَةً للأصباغ والجزيئات التي توسم بِنى محددة في الأعضاء، مثل الخلايا العصبية، والأوعية الدموية.

ولالتقاط صورٍ ثلاثية الأبعاد لهذه الأعضاء الشفافة، استخدم الباحثون تقنيةً مجهرية، ساعدتهم على تصوير شرائح رقيقة من الأنسجة، دون الحاجة إلى قطعها. وبعد ذلك.. طوَّر الفريق خوارزميات تعلُّم آليّ؛ لتحليل ملايين الخلايا المفردة في الصور سريعًا.

وباستخدام هذا النهج، التقط الباحثون لقطاتٍ مفصَّلة لِعَيْن، وغدةٍ درقية، وكُلْيةٍ بشرية، بدون إتلاف هذه الأعضاء. ويقول الباحثون إنَّ هذه الطريقة يمكن أن تساعد على كشف وظائف الأعضاء البشرية في أثناء الصحة والمرض.

Cell http://doi.org/dmnn (2020)

تجربة تبرهن على أمان تقنية «كريسبر»

قدمت نتائج أولية لواحدة من أُولَى التجارب الإكلينيكية التي تَستخدِم تقنية «كريسبر-كاس9» CRISPR—Cas9 دليلًا على أن التقنية آمِنة ومُجدية بما يكفي لاستخدامها في علاج الأمراض البشرية.

يُذكر أن الخلايا المناعية "المصمَّمة"، التي تملك قدرات محسَّنة على تتبع الأورام ومهاجمتها أظهرت نتائج واعدة في معالجة بعض أنواع السرطان، بيد أن الباحثين يرغبون في تحسين الطرق المتبعة في تعزيز قدرة هذه الخلايا المناعية على محاربة السرطان. ومن بين الخيارات المتاحة لذلك، إجراء تغييرات مقصودة في الجينوم باستخدام تقنية «كريسبر-كاس9».

من هنا، جمع إدوارد شتاتماور، وكارل جون -من جامعة بنسلفانيا بمدينة فيلادلفيا- وزملاؤهما خلايا مناعية، تُدعى الخلايا التائية، من ثلاثة أشخاص مصابين بالسرطان. واستعمل الباحثون طريقة تقليدية من طرق الهندسة الوراثية؛ لمنح الخلايا التائية قدرة التعرف على بروتين يُصَنِّعه بعض الخلايا السرطانية. واستعمل الباحثون أيضًا تقنية «كريسبر-كاس9»؛ بغرض وقف إنتاج الخلايا التائية لثلاثة بروتينات ربما تلعب دورًا في تثبيط قدرتها على استهداف الأورام السرطانية.

وبعد إعادة إدخال الخلايا التائية إلى أجسام المشاركين في الدراسة، ازدهرت أعدادها لمدة تسعة أشهر على الأقل، دون التسبب في أي أعراض جانبية ملموسة، غير أن السرطان في المُشاركين الثلاثة استمر في نموه منذ ذلك الوقت.

Science http://doi.org/dk8f (2020)



MAGNUS LUNDGREN/WILD WONDERS OF CHINA/NPL

حيوانات تُمثِّل مستودعات للأمراض البشرية

اكتشف الباحثون أن الثدييات التي ترتفع احتمالية نقلها للأمراض إلى البشر هي نفسها التي تتناقل البكتيريا والفيروسات التي تصيبها بسهولةٍ عبر الحدود الفاصلة بين الأنواع. فمِن بين الميكروبات المسبِّبة للأمراض، التي انتقلت من الحيوانات إلى البشر: فيروس الإيبولا، وفيروس كورونا المتسبب في وباء عام 2020 في الصين.

من هنا، جمعت مايا وارْدِه -من جامعة ليفربول في المملكة المتحدة- وزملاؤها معلوماتٍ عن 1560 نوعًا من الثدييات، تضمنت نطاقات هذه الحيوانات الجغرافية، وأوجه تفاعلاتها مع البشر، ومُسبِّبات الأمراض الخاصة بها. وباستعمال برنامج يَستخدِم تقنية تعلم الآلة، صنَّف الباحثون الحيوانات في شبكةٍ كشفت كيف أن هذه الحيوانات تشترك في 3986 مسبِّبًا من مسببات الأمراض مع بعضها بعضًا.

ووجد الباحثون أن الثدييات التي تشترك مع كثير من الأنواع الأخرى في الإصابة بمسببات أمراض محددة كانت معرَّضة بشكل أكبر لأنْ تصبح بمثابة مستودعات للأمراض البشرية. ومن بين الأنواع التي يُتوقَّع أن تحتضن العدد الأكبر من المُمْرِضات البشرية المحتملة: الشمبانزي *Pan troglodytes*، وقرد المكاك الريسوسي *Macaca mulatta*، (في الصورة)، والثعالب الحمراء *Vulpes vulpes*.

ويقول الباحثون إن النتائج من شأنها أن تُسهِم في كشف طريقة انتقال البكتيريا، والفيروسات، والعوامل المُعدية الأخرى إلى البشر.

Proc. R. Soc. B **287**, 20192882 (2020)

أضواء على الأبحاث

اتفاقية سلام تنهي عهد الحفاظ على البيئة بقوة السلاح

اكتشف باحثون أن اتفاقية السلام التي أبرمتها الحكومة الكولومبية في عام 2016 مع رجال حرب العصابات، الذين كانوا يختبئون في غابات البلاد، كانت لها آثار سلبية على البيئة؛ فالغابات المطيرة التي كانت تُعتبر في السابق منطقة خطرة، محظور دخولها، تتعرض الآن للتدمير.

ومن الجدير بالذكر أنه أثناء النزاع الذي استمر خمسة عقود بين حكومة البلاد، ورجال حرب العصابات من متمردي القوات المسلحة الثورية الكولومبية، (المعروفة اختصارًا بـ«FARC»)، نشرت هذه العصابات الألغام الأرضية في أنحاء نقاطها الحصينة، وهددت باستخدام العنف ضد مَن يحاول التسلل إلى هذه النقاط. وقد دفعت تلك الإجراءات الجهات القائمة على التطوير العمراني إلى تجنُّب المناطق التي تسيطر عليها القوات المسلحة الثورية الكولومبية، في ظاهرة تُعرَف باسم «الحفاظ على البيئة بقوة السلاح».

ولتقدير حجم الآثار البيئية المترتبة على اتفاقية السلام سالفة الذكر، جمع باولو موريلو ساندوفال -من جامعة ولاية أوريجون في مدينة كورفاليس- وزملاؤه صورًا لغابات كولومبيا المطيرة، التقطتها الأقمار الصناعية كل ستة عشر يومًا في الفترة بين عامي 2010، و2018. وقد وجدوا أنه في العامين التاليين مباشرة لتوقيع الاتفاقية، زاد المتوسط السنوي لمساحة الأراضي التي أُزيلت منها الغابات، في المناطق التي كانت تحت سيطرة المتمردين في السابق، بنسبة 50%، مقارنة بالأعوام الأربعة السابقة على الاتفاقية. وفي المناطق المحمية، مثل الحدائق الوطنية، زادت مساحة الغابات المتضررة بنسبة 187%، نتيجة لانتشار تربية الماشية، وزراعة الكوكا هناك، بعد توقيع الاتفاقية.

ويقول الباحثون إنه ينبغي على جهود الحفاظ على الغابات المطيرة أن تضع في اعتبارها مخاوف المجتمع المحلي؛ وذلك لتجنب المزيد من الآثار السلبية.

Environ. Res. Lett. (2020)

PAŞCA LAB/STANFORD UNIV



نماذج دماغية توضح كيفية تكوُّن مراكز الإدراك المعرفي

يحتوي دماغ الإنسان على مليارات من الخلايا، التي تملك مجموعة واسعة من الوظائف، بيد أن الطريقة التي تتشكل بها هذه الشبكة المعقدة أثناء فترة النمو ظلت تحيِّر علماء الأعصاب لعقود.

ومؤخرًا، استعان باحثون بنسيج دماغي مُستنبَت مختبريًّا لإجراء عملية رصد لنمو الدماغ الأمامي في الزمن الحقيقي، وهو الجزء الذي يتحكم في الوظائف الذهنية العليا، مثل الإدراك المعرفي، واللغة، إذ استخدم ويليام جرينليف، وسيرجيو باسكا -من جامعة ستانفورد بكاليفورنيا- وزملاؤهما خلايا جذعية بشرية كمادة أولية، لاستنبات أنسجة شبه عضيّة دماغية بحجم حبة البازلاء (في الصورة) تُصوِّر سمات بعض المناطق في الدماغ الأمامي البشري، ثم سعوا إلى تحديد الإشارات الجزيئية التي توجه مصير خلايا معينة.

وعثر الفريق على العديد من البروتينات التي يبدو أنها تنظِّم عملية نمو أنواع معينة من خلايا الدماغ؛ ابتداءً من الخلايا نجمية الشكل، التي تدعم الخلايا العصبية وتحميها، حتى الخلايا العصبية التي تنقل الإشارات إلى غيرها من الخلايا العصبية.

وحدد الباحثون أيضًا علاقة بين زيادة الاستعداد الوراثي للإصابة باضطراب طيف التوحد، وبين سلائف خلايا غير عصبية تُسمى الخلايا الدبقية، وكذلك مجموعة من الخلايا العصبية مكتملة النمو في الدماغ الأمامي.

Science (2020)

العلاقة بين صحة المراهقين ونظرتهم إلى مكانة أسرهم

يمكن التنبؤ بمدى سلامة المراهقين، بمعرفة تصورهم لوضع أسرهم الاجتماعي.

فقد فحصت كانديس أودجرز، من جامعة كاليفورنيا في إيرفين وزملاؤها، بيانات 1116 زوجًا من التوائم وُلدوا في إنجلترا وويلز، وتابعت أحوالهم على مدى العقدين الأولين من حياتهم.

ووجدوا أن المراهقين في الثامنة عشرة من أعمارهم، ممن يعتقدون أن أسرهم تتمتع بمكانة اجتماعية مرتفعة، كانوا أقل عرضة لتدخين الماريجوانا والمعاناة من المشاكل السلوكية مقارنة بأولئك الذين يعتقدون أن أسرهم تحتل مكانة أدنى اجتماعيًّا. ووجدوا أيضًا علاقة بين امتلاك نظرة إيجابية تجاه الوضع الاجتماعي للأسرة والتمتّع بصحة نفسية جيدة والانخراط في التعليم والقوة العاملة.

وبوجه عام، ظلت هذه العلاقات قائمة حتى بعد التحكّم في عامل الظروف الاجتماعية والاقتصادية الفعلية للمشاركين. فحين ركَّز الباحثون على التوائم الذين يتبنّون نظرات متباينة تجاه مكانة أسرهم الاجتماعية، وجدوا أن المراهق الذي يتبنّى نظرة أكثر إيجابية من الأرجح أن تدبر أموره أفضل، مقارنة بتوأمه، رغم نشوئهما في البيئة الأسرية نفسها.

وثمة حاجة إلى إجراء مزيدٍ من الدراسات لاختبار ما إذا كانت هذه العلاقة عَرَضية، أم لا، وما إذا كان الارتقاء بنظرة المراهقين تجاه أوضاع أسرهم من شأنه تحسين فرصهم في النجاح في الحياة.

Proc. Natl Acad. Sci. USA (2020)

GETTY



PAUL WHITTEN/SPL

جين يمنح طفيليات قدرة على التنكر

يعاني حوالي ربع سكان العالم من الإصابة المزمنة بصورة خاملة من طفيل المقوَّسة الجوندية *Toxoplasma gondii*، الذي يمكنه حين ينشط أنْ يتسبب في الإصابة بالعمى (في الصورة: شبكية بصرية، بها ندوب)، فضلًا عن الوفاة. ومؤخرًا، اكتشف الباحثون مفتاحًا جينيًّا يساعد طفيليات المقوَّسة على الاختباء من جهاز المناعة، والبقاء داخل الجسم مدى الحياة.

يُمكن أن تنتشر طفيليات الـمقوَّسة الجوندية عن طريق براز القطط، والأطعمة غير مكتملة التسوية، الملوَّثة بهذه الطفيليات. وبعد الإصابة بالعدوى، يتحول بعض هذه الطفيليات إلى «مُتباطئات» خاملة (طور من أطوار المقوسة الجوندية) تظل داخل الجسم، دون أن تسبب أي ضرر، ومن ثم لا يدرك كثير من الأفراد أنهم حاملو عدوى، بيد أن المتباطئات يمكن أن تنشط من جديد، وتتسبب في ظهور أعراض، وهو ما يمثل خطرًا داهمًا على الأشخاص ذوي المناعة الضعيفة.

وقد حدد سيباستيان لوريدو -من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا بكامبريدج- وزملاؤه جينًا بعينه، يُسمى *BFD1*، يبدو أن طفيل المُقوَّسة يحتاجه ليدخل الحالة شبه الخاملة، إذ لم تستطع الطفيليات التي تفتقر إلى هذا الجين أن تتحول إلى متباطئات، أو أن تكوِّن حاضنات مليئة بالطفيل في أدمغة الفئران. ووجد الباحثون أنه يكفي تزويد تلك الطفيليات بهذا الجين لكي تتحول إلى أشكال خاملة. ومن ثم، يقول الباحثون إن استهداف هذا الجين يمكن أن يساعد على علاج الإصابة بطفيل المُقوَّسة، والوقاية منه.

Cell (2020)

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

بركان فيزوف حَوَّل الأدمغة إلى زجاج وأحرق العظام


GETTY

دُفنت المدينة الرومانية هيركولانيوم عند اندلاع انفجار بركان فيزوف.

اكتشف علماء أن بعض ضحايا بركان فيزوف ربما ماتوا ميتة أبطأ مما كان يُعتقد سابقًا، بعد أن أحاطت بهم الغازات الساخنة والرماد قبل حوالي ألفي عام.

ففي عام 79 بعد الميلاد، لم يجلب بركان فيزوف معه الهلاك إلى مدينة بومبي فحسب، بل أيضًا إلى مدينة هيركولانيوم المجاوِرة لها، حيث عُثر على رفات 340 شخصًا على شاطئها ومرافئها. وقد ظل العلماء يعتقدون لوقت طويل أنّ هؤلاء الأشخاص قضوا نحبهم على الفور نتيجةَ تَبَخُّر الأنسجة الرخوة في أجسادهم.

وبعد فحص أضلُع 152 شخصًا من ضحايا فيزوف، وجد تيم طومسون -من جامعة تيسايد في ميدلزبره بالمملكة المتحدة- وزملاؤه أن البِنْية البلورية للعظام وبقايا الكولاجين في الرفات تخلو من الآثار المتوقعة في حال تعرُّضها لدرجات حرارة مرتفعة. من هنا، يقول الباحثون إن الأفراد الذين كانوا في المرافئ ماتوا اختناقًا واحتراقًا، وليس نتيجة تَبَخُّر جزئي.

ومن ناحية أخرى.. أفادت دراسة أخرى، أجراها بيير باولو بيترون -من جامعة نابولي فيدريكو الثاني في إيطاليا- وزملاؤه أن أنسجة دماغ أحد ضحايا مدينة هيركولانيوم قد تحولت إلى مادة صلبة تشبه الزجاج. وحسبما يقول الباحثون،فإنّ هذا الاكتشاف -إضافة إلى تحليل لإحدى الغابات المتفحمة في الجوار- يشير إلى أن هذا الشخص قد تعرض لدرجات حرارة مرتفعة للغاية، من شأنها أن تُبخِّر الأنسجة البشرية.

N. Engl. J. Med. (2020) *Antiquity* (2020)

الأقمار الصناعية تُسَخِّر العراقيل لمصلحتها

اكتشف مهندسون مداراتٍ فضائيةً تسمح لأقمار صناعية بتسخير قُوَى كانت تعوق سابقًا حركة المركبات الفضائية الأخرى، وهو ما يجعل من الممكن مراقبة كل أرجاء الأرض تقريبًا في وقت واحد باستخدام نظام رصْد من أربع مَرْكَبات فضائية، إذ أوضحت حسابات أُجريت في ثمانينات القرن العشرين أنه من الممكن -نظريًّا- مراقبة سطح الأرض بأكمله بصفة مستمرةٍ باستخدام أربعة أقمار صناعية، بيد أن الحفاظ عليها في المدارات المطلوبة كان يتطلب كميات كبيرة من الوقود الدافع باهظ الثمن. ويرجع هذا -جزئيًّا- إلى الحاجة إلى ضبط تأثير بعض القوى، مثل قوى الجذب الخاصة بالشمس والقمر.

وبناء على ذلك، ابتكر لايك سينج -من «مؤسسة أيروسبيس Aerospace Corporation» في شانتيلي بولاية فيرجينيا- وزملاؤه خوارزميةً للبحث عن المدارات التي توسِّع نطاق تغطية الأقمار الصناعية إلى أقصى حد، مع الأخذ في الاعتبار القوى التي عادة ما تعرقل الأقمار. وبفحص خمسة ملايين مدار افتراضي، وجدت الخوارزمية تشكيلات تُسَخِّر هذه القوى للإبقاء على نظام رصْد مكوَّن من أربع مَرْكَبات تحت السيطرة.

وأحد هذه التشكيلات من شأنه أن يتيح تغطية رصدية لنسبة قدرها 86% من سطح الأرض، بينما يغطي آخرُ نسبةً قدرها 95% منه. وكلاهما يستهلك كمية من الوقود الدافع تقل بنسبة 60% عن تلك التي تستخدمها الأنظمة الحالية التي ترصد المساحة نفسها.

ويقول الباحثون إن هذه المكاسب من شأنها أن تسمح لمديري البعثات بتوفير النفقات، أو مَدّ فترات رحلات الأقمار الصناعية.

Nat. Commun. (2020)


ALAMY

الحصول على الكهرباء لا يساعد في تمكين كل النساء

أظهر استقصاء أُجري على منازل في الهند أن عدم المساواة بين الجنسين في المنزل يمكن أن تحدّ من الفوائد التي تجنيها النساء من توصيل الكهرباء إلى المنازل، إذ تشير الأبحاث إلى أنه بعد توصيل الكهرباء إلى المنازل، تقضي النساء وقتًا أقل في ممارسة الأعمال المنزلية، مثل الطهي، وهو توفير للوقتٍ يساعد على الحد من عدم المساواة بين الجنسين.

ولاختبار مدى صحة هذا الاكتشاف، أجرى دانيال أرمانيوس -من جامعة كارنيجي ميلون ببيتسبرج في بنسلفانيا- وزملاؤه استقصاءً يتناول عددًا من الأُسَر التي تعيش في ولاية جوجارات الهندية فيما يتعلق باستخدام هذه الأُسَر للأجهزة المنزلية الكهربائية.

وتَبَيَّن أن معظم المنازل التي شملها الاستقصاء يحوي عددًا أكبر من الأجهزة التي يستخدمها الرجال بشكل أساسي، مثل التلفاز، مقارنة بتلك التي تستخدمها النساء بشكل أساسي، مثل المكاوي الكهربائية. وبينما تراوح متوسط عدد المصابيح الكهربائية في كل منزل من ثلاثة إلى ستة مصابيح، فإن نسبةً أقل من نصف هذه المنازل حَوَت إضاءة في مطبخها.

حَلَّل فريق البحث كذلك بيانات سبق جمْعها عن استخدام الأجهزة الكهربائية المنزلية في ست ولايات هندية أخرى، وتوصَّل إلى نتائج مماثلة.

ومن ثم، فإن النتائج التي توصّل إليها الفريق البحثي تشير إلى أن توصيل الكهرباء إلى المنازل قد لا يساعد في معالجة مشكلة التفاوُت بين الجنسين في المنزل، وهي من العناصر الرئيسة في عدم المساواة بينهما، على حد قول الباحثين.

Nature Sustain. (2019)

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

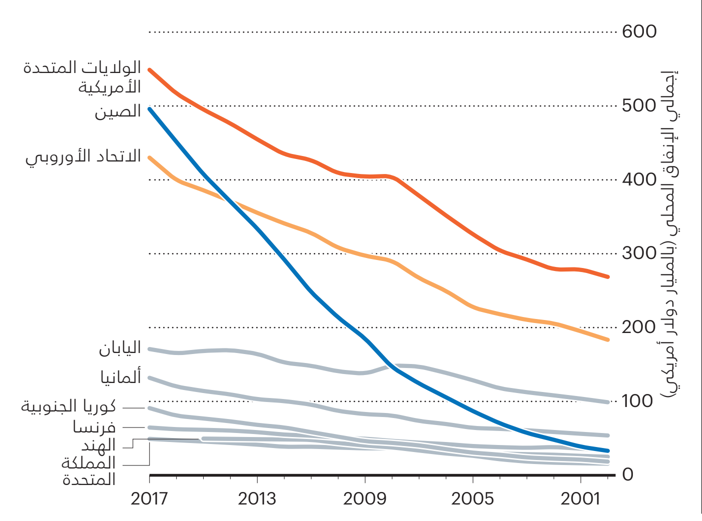
موجز الأخبار

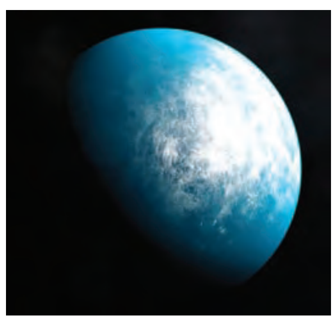
الصين تقترب من الصدارة في الإنفاق البحثي

بدأت الفجوة في التمويل البحثي بين الولايات المتحدة الأمريكية والصين تتناقص سريعًا، على الرغم من الزيادة البسيطة التي شهدها التمويل البحثي الأمريكي منذ عام 2000، وذلك وفقًا لإحصاءات جمعتها مؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية، إذ اكتشفت مؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية أنه في الفترة بين عامي 2000، و2017 شهد الإنفاق على البحث والتطوير في الولايات المتحدة نموًّا سنويًّا بمتوسط 4.3%. أما الإنفاق البحثي في الصين، فقد زاد بنسبة تتجاوز 17% سنويًّا خلال الفترة نفسها. كما رفعت عدة دول أخرى، منها ألمانيا، وكوريا الجنوبية، إنفاقها البحثي بمعدلات فاقت مثيلتها في الولايات المتحدة، على الرغم من احتفاظ هذه الدول بمراكز أدنى من الدولتين العُظميين على مستوى العالم من حيث إجمالي الإنفاق، إذ استأثرت الولايات المتحدة الأمريكية بنسبةٍ قِوامها 25% من 2.2 تريليون دولار أمريكي أُنفِقَت على البحث والتطوير على مستوى العالم في عام 2017، وبلغ نصيب الصين 23%.

وتأتي هذه الأرقام من الطبعة الأخيرة لتقرير «مؤشرات العلوم والهندسة» *Science and Engineering Indicators*، الذي تصدره مؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية كل عامين، والذي يجمع المؤشرات المتعلقة بوضع العلوم والهندسة في البلاد. ومن الجدير بالذكر أنه على مستوى العالم يُنظَر إلى الولايات المتحدة -على نحو متزايد- على أنها "رائدة مهمة، وليست رائدة بلا منازع" في العلوم والهندسة، وذلك حسب ما جاء به التقرير الصادر في الخامس عشر من يناير الماضي.

وفي ذلك الصدد.. قالت جوليا فيليبس، رئيسة لجنة سياسات العلوم والهندسة للمجلس الوطني للعلوم، في مؤتمر صحفي إنّ البيانات الأولية من عام 2019 تشير إلى أن الصين قد تفوقت بالفعل على الولايات المتحدة في الإنفاق على البحث والتطوير. ويشرف هذا المجلس على مؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية، وينتج تقارير «المؤشرات» *Indicators*.





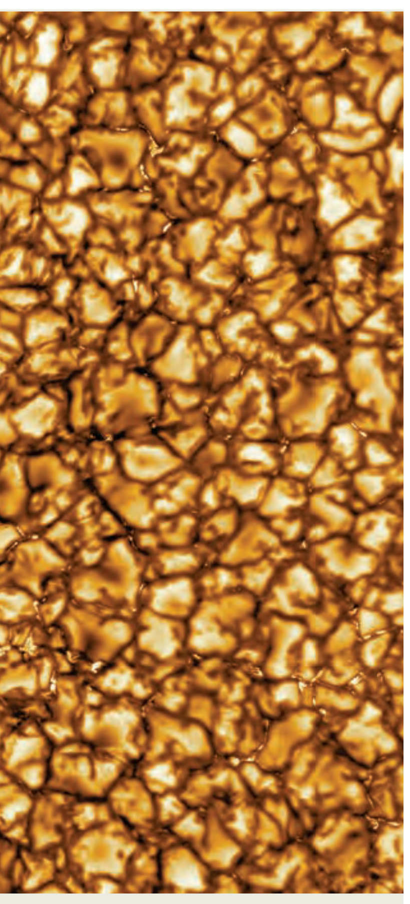
كوكب خارجي في منطقة صالحة للحياة

اكتشف علماء الفلك كوكبًا أكبر قليلًا من الأرض، يدور حول نجم ساطع، ويقع على بعد 31 فرسخًا تقريبًا من كوكبنا. ويدور هذا الكوكب المعروف باسم (TOI700 d) حول نجمه في نطاق المنطقة الصالحة للحياة، وهي المنطقة التي يُحتمل وجود ماء سائل بها. ويُذكر أن علماء الفلك يعرفون عددًا ضئيلًا فقط من تلك الكواكب.

وحول ذلك.. تقول إليسا كوينتانا، عالمة الفلك بمركز جودارد لرحلات الفضاء، التابع لوكالة ناسا في جرين بيلت بولاية ميريلاند: "ليس لدينا الكثير من الكواكب بحجم الأرض في المنطقة الصالحة للحياة". وتضيف: "العثور على كوكب يدور حول نجم ساطع قريب يُعَدّ حدثًا مشوقًا"، لأن دراسة الكواكب التي تدور حول نجوم قريبة أسهل من تلك التي تدور حول نجوم بعيدة.

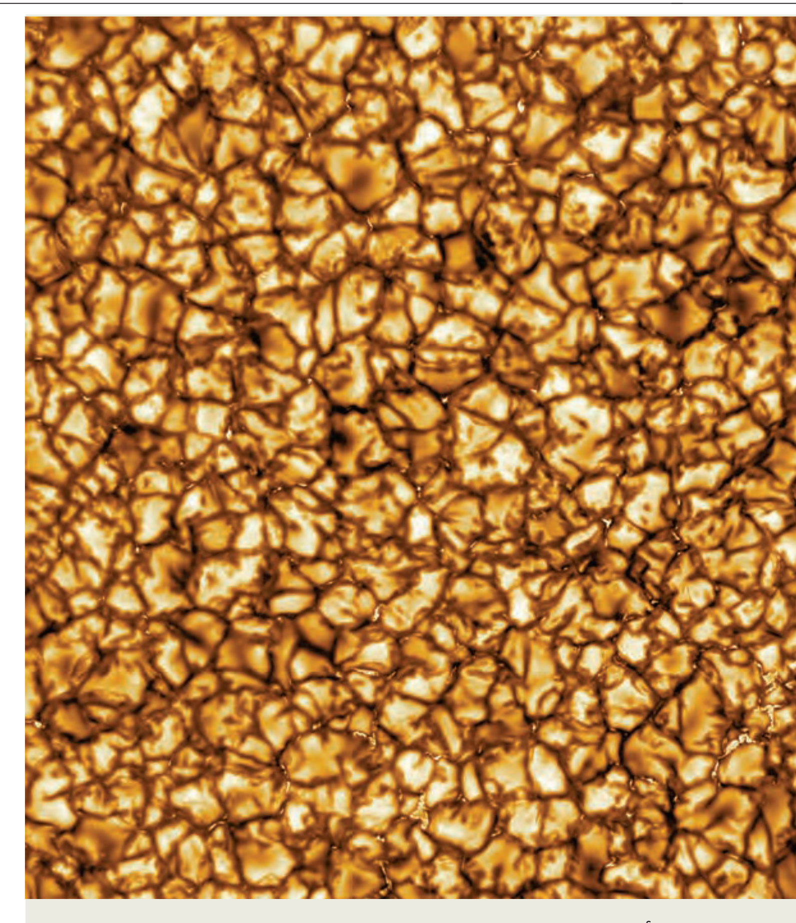
وقد اكتشفت إميلي جيلبرت -عالمة الفلك في جامعة شيكاجو في إلينوي- مع زملائها الكوكب (المرسوم أعلاه) باستخدام «القمر الصناعي لمسح الكواكب العابرة خارج النظام الشمسي»، أو -اختصارًا- قمر TESS الصناعي، التابع لوكالة ناسا. ويُعَد هذا الكوكب أول كوكب بحجم الأرض يكتشفه هذا القمر الصناعي، ويقع في نطاق المنطقة الصالحة للحياة لنجمه. وقد أعلنت جيلبرت عن هذا الاكتشاف في السادس من يناير الماضي في أثناء اجتماع الجمعية الفلكية الأمريكية في هونولولو في هاواي.

ويُجري القمر الصناعي سالف الذكر، الذي أُطلِق في عام 2018، عمليات مسح في سماء الليل؛ بحثًا عن النجوم التي تخفُت بصفة دورية عند مرور أحد كواكبها من أمامها. وقد اكتشف القمر أكثر من 1500 كوكب واحد بهذه الطريقة.



أَدَقّ صورة للشمس على الإطلاق

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



بدأ عمل التليسكوب الشمسي الأقوى في العالم، وهو تليسكوب «دانيال كيه. إينوي الشمسي» Daniel K. Inouye Solar، الذي بلغت تكلفته 344 مليون دولار أمريكي، واستغرق إنشاؤه 20 عامًا. وقد أخذ التليسكوب في إجراء فحص دقيق ومفصل للشمس من فوق قمة جبل هاليكالا في هاواي.

وتُظهِر الصور الصادرة عن التليسكوب -في التاسع والعشرين من يناير الماضي- أنماط الغاز فائق السخونة، المضطربة حركته على سطح الشمس. وتمثل "الخلايا" فاتحة اللون البلازما الناشئة من منطقةٍ أعمق في النجم. أما الحدود الأغمق لونًا بين الخلايا، فتشير إلى الأماكن التي تبرد فيها البلازما وتتلاشى.

ويتفوق هذا التليسكوب -البالغ قطره 4 أمتار- على التليسكوب الواقع في مرصد «بيج بير» الشمسي في جنوب كاليفورنيا، الذي عُرف فيما مضى بأنه التليسكوب الأكبر في العالم، والبالغ قطره 1.6 متر. ويقول العلماء إن التليسكوب الهائل الجديد من شأنه أن يغيِّر عقودًا من الفيزياء الشمسية، إذ من المتوقع أن يتيح القياسات الأكثر دقة للمجال المغناطيسي الشمسي حتى الآن، بما في ذلك القياسات المغناطيسية الأولى على الإطلاق للغلاف الجوي الشمسي، أو الهالة الشمسية.

وفي ذلك الصدد.. يقول مومتشيل مولنار، عالِم الفيزياء الشمسية في جامعة كولورادو في بولدر: "سيكون ذلك بمثابة ثورة".

الصين تحظر تناوُل الحيوانات البرية

فرضت الهيئة العليا المعنية بسن القوانين بالصين حظرًا على تناوُل لحوم الحيوانات البرية، وذلك في أعقاب تفشي فيروس «سارس-كوف-2»، الذي عُزيت نشأته إلى سوق للحيوانات البرية في مدينة ووهان.

ومن الجدير بالذكر أن الحكومة الوطنية للبلاد علَّقت الشهر الماضي -بصفة مؤقتة- بيع منتجات الحيوانات البرية التي تُستخدم عادة كغذاء، أو لفرائها، أو لعلاجات الطب التقليدي في الصين، كما علّقت شراء هذه المنتجات. وفي الرابع والعشرين من فبراير، وافقت اللجنة الدائمة للمؤتمر الوطني لنواب الشعب على قانون يحظر استهلاك اللحوم البرية لحيوانات جرى استيلادها أو تربيتها في الأَسْر.

ولا ينطبق الحظر على لحوم الحيوانات البرية البحرية؛ مثل الأسماك، ولا على الحيوانات التي تُرَبَّى منذ القِدَم من أجل استهلاك لحومها؛ مثل الأرانب، والحمام، ولا الحيوانات الداجنة، مثل الخنازير، والأبقار، والدجاج، والأوز. ومن المقرر أن يَسري ذلك الحظر في الحال، في حين سيخضع استخدام الحيوانات البرية لأغراض البحث العلمي للتنظيم، وفقًا للقوانين الحالية.

وقد طالَب بعض الباحثين بفرض حظر كامل على تجارة الحيوانات البرية، في حين يرى آخرون إمكان استمرار مزاولة هذه التجارة على نحو مستدام في أوساط مَن يعتمدون عليها في تحصيل أقواتهم. ووفقًا لتقديرات جمعية رجال الأعمال وعلم البيئة، غير الهادفة إلى الربح، التي يقع مقرها في بكين، فإنه من الممكن لحظر اللحوم البرية أن يكلِّف الاقتصاد الصيني 50 مليار يوان (7.1 مليار دولار أمريكي)، إلى جانب التسبب في بطالة مليون شخص.



ISABELLE RIBOT;

لمحة عن مراحل التاريخ البشري المبكرة

حلل باحثون التسلسل الجينومي لأربعة أطفال كانوا يعيشون قبل آلاف السنين فيما يُعرف الآن بدولة الكاميرون.

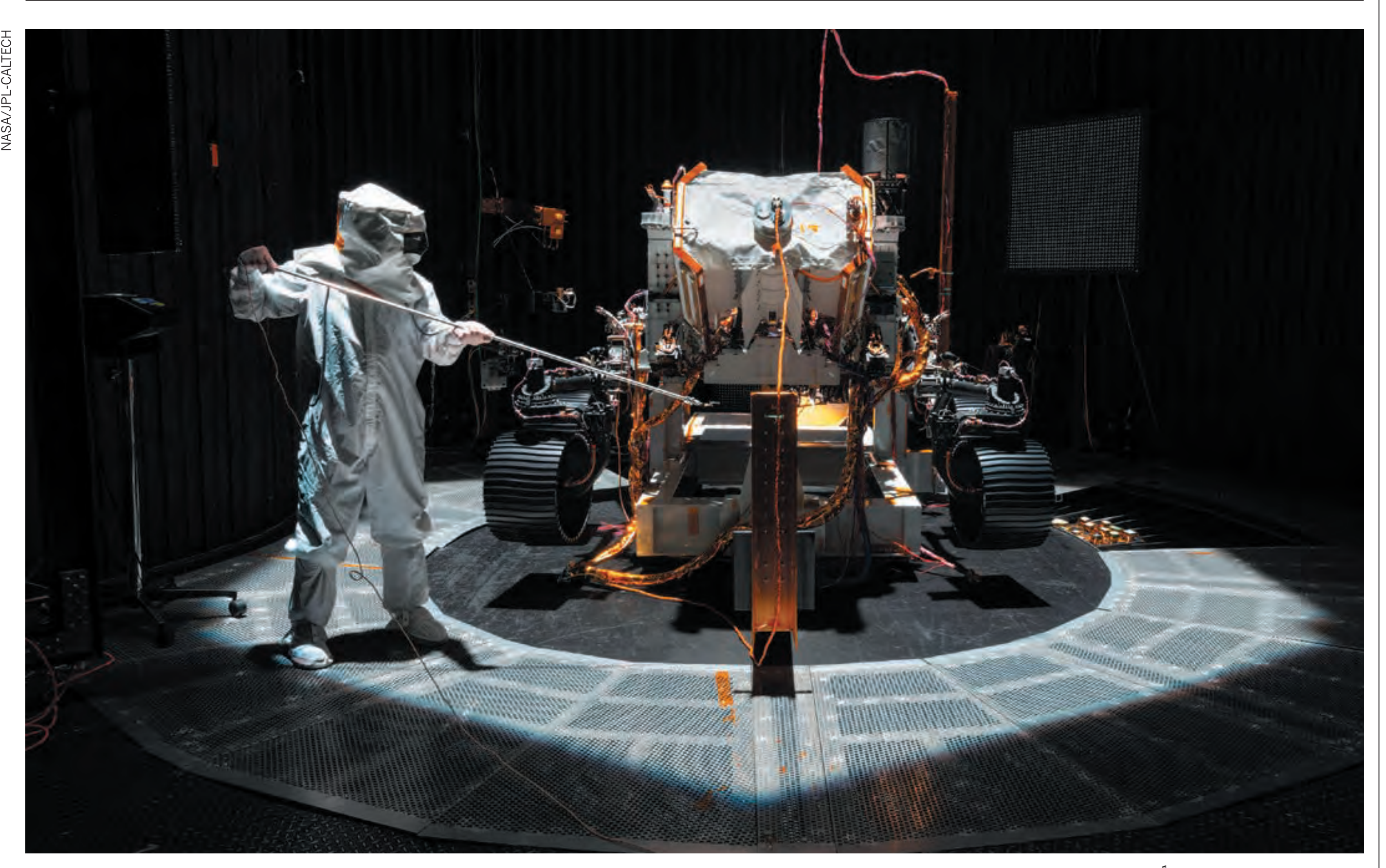
وتثير جينوماتهم -وهي أول جينومات إنسان قديم تُجمَع في غرب أفريقيا- تساؤلات حول بدايات حركة الهجرة، المعروفة بتوسُّع البانتو، التي نقلت اللغات والزراعة عبر القارة قبل حوالي 3000 إلى 5000 عام. كما تشير الجينومات إلى أحداث قديمة في التاريخ الإنساني، مثل ظهور الإنسان العاقل، وانتشاره إلى خارج أفريقيا.

فقد حلَّل ديفيد رايخ -العالِم المتخصص في علم الوراثيات السكانية بكلية هارفارد للطب في بوسطن بولاية ماساتشوستس- مع ماري برنِدرجاست -عالمة الآثار في جامعة سانت لويس في مدريد- البقايا التي عُثِرَ عليها في ملجأ صخري يُدعَى شوم لاكا في الكاميرون. وكانت نتيجة التحليل أنْ حصلا على الجينوم الكامل لصبيين صغيرين، عاش أحدهما قبل 8 آلاف، وعاش الآخَر قبل 3 آلاف عام، وجمعا قَدْرًا أقل من البيانات الجينومية لصبي آخر (عاش قبل 8 آلاف عام)، وفتاة (عاشت قبل 3 آلاف عام).

وأظهر تحليل وراثي نُشِرَ في الثاني والعشرين من يناير الماضي (M. Lipson *et al*. *Nature* http://doi.org/dkh4; 2020) أن الأطفال الأربعة انحدروا من مجموعة من سلالة الإنسان العاقل، تشعَّبت قبل أكثر من 200 ألف عام عن شجرة الأسلاف المشتركين لنوعنا.

أخبار في دائرة الضوء

NASA/JPL-CALTECH



ستتضمن بعثة «مَارْس 2020» طائرةً مروحية دون طيار، يمكنها الانفصال عن جسم المركبة، وهي واحدة من عدة بعثات ستنطلق إلى الكوكب الأحمر في العام الحالي (2020).

الأحداث العلمية المُرتَقَبة خلال هذا العام

من المتوقع أن تشكل ملامح أجندة البحث العلمي في هذا العام عدة أحداث، منها الغزو المرتقَب للمريخ، ومؤتمر المناخ، وتخليق هجائن من البشر والحيوانات.

دافيديه كاستيلفيكي

غزو المريخ

سيشهد عام 2020 غزوًا حقيقيًّا للمريخ، حيث مِن المخطط أن تنطلق عدة مركبات فضائية –منها ثلاث مركبات هبوط– باتجاه الكوكب الأحمر، إذ ستُطلِق وكالة ناسا مركبتها المتجوِّلة «مَارْز 2020» Mars 2020، التي ستُخزِّن عيناتٍ من صخور الكوكب؛ لتُرسلها إلى الأرض في بعثةٍ مستقبلية. وستتضمن بعثة ناسا للمريخ أيضًا طائرةً مروحية بدون طيار، قابلة للانفصال عن جسم المركبة. وبالإضافة إلى ذلك.. سترسل الصين أولى مركبات الهبوط الخاصة بها إلى المريخ، وهي تحمل اسم «هوشينج-1» Huoxing-1، وستنطلق منها مركبةٌ متجولة صغيرة على سطح الكوكب. وفضلًا عن ذلك.. ستحمل مركبةٌ فضائية روسية مركبةً متجولة تابعة لوكالة الفضاء الأوروبية (ESA)، لإيصالها إلى الكوكب الأحمر، وهذا إذا أمكن حل المشكلات المتعلِّقة بمظلة الهبوط على الكوكب. كما ستُرسل دولةُ الإمارات العربية المتحدة مركبةً مدارية إلى المريخ. وتُعَدّ هذه المركبة المدارية أول بعثةٍ فضائية إلى المريخ يرسلها بلدٌ عربي.

من ناحية أخرى.. تُخطط الصين لإرسال بعثة جمْع العينات «تشانج-إي 5» Chang'e-5 إلى نقطة أقرب إلى كوكبنا، هي القمر. أما عن باقي أنحاء النظام الشمسي، فمن المقرر أن تُعيد البعثة اليابانية «هايابوسا-2» Hayabusa2 عيناتٍ جَمَعَتها من كويكب «ريوجو» Ryugu إلى الأرض، في حين ستقتطع بعثة «أوسايرس- ريكس» OSIRIS-REx -التابعة لناسا- قطعةً من كويكب «بينو» Bennu.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



الباحثون يصيبون البعوض ببكتيريا تمنعه من نشر الأمراض.



بيانات ضخمة عن سمائنا الشاسعة

في أعقاب الضجة الإعلامية الهائلة التي أثارها مشروع «تليسكوب أفق الحدث» خلال العام الماضي بتلك الصورة التي نشرها لثقبٍ أسود هائل في مركز مجرّة «مسييه 87» Messier 87، من المتوقع أن يزيح المشروع الستار عن نتائج جديدة، تتعلق هذه المرة بالثقب الأسود الواقع في مركز مجرة «درب التبانة» Milky Way. وقد تتضمن تلك النتائج عدة صور، وربما مقطع فيديو لمنطقة الغاز الذي يدور حول ذلك الثقب فائق الضخامة، المعروف باسم ثقب «ساجيتاريوس إيه ستار» Sagittarius A*.

وفي وقتٍ لاحق من عام 2020، ستُحدِّث بعثة «جايا» Gaia -التابعة لوكالة الفضاء الأوروبية- خريطتها ثلاثية الأبعاد لمجرّة درب التبانة، التي غيَّرت فهْم العلماء لِبِنْية المجرّة وتطوُّرها تغييرًا ملحوظًا. وسيكشف أيضًا علماء الفلك المتخصصون في موجات الجاذبية العدد الضخم من التصادمات الكونية التي رصدوها في عام 2019، والتي تمخَّضت عن تموجاتٍ في منظومة الزمان والمكان. وتشمل تلك التصادمات عمليات اندماج عديدة بين ثقوبٍ سوداء، فضلًا عن نوعٍ من التصادمات لم يُرصد من قبل بين ثقبٍ أسود ونجم.

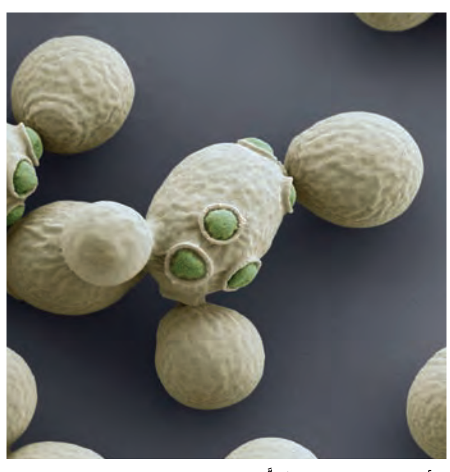
طموح إلى بناء مصادِم فائق

يأمل مختبر فيزياء الجسيمات الأوروبي «سيرن» في هذا العام في الحصول على تمويل؛ لبناء مصادم ضخم جديد. وسوف يعقِد المختبر -الواقع بالقرب من مدينة جنيف السويسرية- اجتماعًا استثنائيًّا لمجلسه بمدينة بودابست في شهر مايو المقبل، وسوف تحسم فيه لجنةٌ قراراتها بشأن الخطط المطروحة لتصميم المصادم، كجزءٍ من عملية تحديث للاستراتيجية الأوروبية لفيزياء الجسيمات، التي وضعها المختبر. وينطوي مقترَح المختبر على قائمة خيارات تتعلق ببناء المصادم، إذ يأمل القائمون على المختبر في بناء مصادِم، محيطه 100 كيلومتر، ويمكن أن تبلغ قوته ستة أمثال قوة مصادم الهدرونات الكبير، وتصل تكلفته إلى 21 مليار يورو (23.4 مليار دولار أمريكي).

أما في الولايات المتحدة، فمِن المتوقع أن يكشف مختبر مُسرِّع فيرمي الوطني -الواقع بالقرب من مدينة شيكاغو في ولاية إلينوي- عن النتائج التي طال انتظارها لتجربة «ميون جي-2»، المعنية بالرصد عالي الدقّة لسلوك الميونات في مجالٍ مغناطيسي (الميونات هي جسيمات تشبه الإلكترونات، لكنَّها أكبر كتلةً). ويأمل علماء الفيزياء أن تكشف الانحرافات الطفيفة في التجربة جسيماتٍ أولية لم تُكتَشف من قبل.

موعد تقديم التعهدات المناخية الجديدة

سوف يُصدِر برنامج الأمم المتحدة للبيئة في شهر أغسطس تقريرًا مهمًّا عن الجوانب العلمية والتقنية لمقاربات هندسة المناخ، التي يمكن اللجوء إليها لمكافحة التغيُّر المناخي. وتتضمن تلك المقاربات إزالة ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي، وحَجْب أشعة الشمس. ومن المقرر في عام 2020 أيضًا أن تُصدِر الهيئة الدولية لقيعان البحار لائحةً تنظيمية طال انتظارها، تسمح بالتعدين في أعماق البحار. ويشعر العلماء بالقلق، لأنَّه لا توجد معلوماتٌ كافية عن الأثر الضار المحتمَل لتلك الممارسات على النظم



EYE OF SCIENCE/SPL

بدأ علماء في إعداد خميرةٍ مُخلَّقة.

البيئية البحرية، وهو ما قد تكون له تبعاتٌ كارثية على بعض البيئات الواقعة تحت ضغطٍ كبير بالفعل.

أمّا الحدث الأهمّ على صعيد قضايا المناخ، فسوف يحل في شهر نوفمبر، حين تنعقد الجلسة السادسة والعشرين من مؤتمر أطراف اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (COP26) في مدينة جلاسكو بالمملكة المتحدة، التي تُعد اختبارًا مهمًّا لمدى التزام الدول باتفاقية باريس للمناخ. فبموجب الاتفاق المُبرَم في عام 2015، يتعيَّن على الدول في تلك الجلسة أن توفر معلوماتٍ عن أهدافها المُحدَّثة لخفْض انبعاثاتها من الغازات الدفيئة، للمساعدة في الحدّ من ارتفاع درجات الحرارة العالمية، بحيث لا يزيد هذا الارتفاع عن درجتين مئويتين، لكنَّ غالبية الدول تباطأت في الوفاء بتعهداتها. هذا.. بالإضافة إلى أنَّ مستقبَل الاتفاقية نفسها على المحك، إذ من المتوقع أن تنسحب منها الولايات المتحدة رسميًا خلال الشهر ذاته.

الخاتمة المثيرة للانتخابات الأمريكية

سوف يشهد شهر نوفمبر المقبل تنافسًا للسيطرة على كلٍ من البيت الأبيض، والكونجرس الأمريكي، وقد تكون لنتيجة ذلك التنافس تداعياتٌ كبيرة على المجال العلمي، وخاصةً المناخ. ففوز الرئيس دونالد ترامب بفترة ولايةٍ ثانية سوف يمكِّنه من الاستمرار في إلغاء السياسات المناخية التي أقرَّها سلفه، وسوف يضمن تقريبًا إتمام انسحاب الولايات المتحدة رسميًّا من اتفاقية باريس للمناخ، بعد يومٍ واحد من الانتخابات، لكنْ قد يتمكن الديمقراطيون من إحباط تلك الجهود، إذا تولَّوا مقاليد البيت الأبيض، أو حازوا الأغلبية في مجلسي الكونجرس. وجديرٌ بالذكر أنَّ المنافسة تشمل جميع مقاعد مجلس النواب، البالغ عددها 435 مقعدًا، بالإضافة إلى 35 مقعدًا من مقاعد مجلس الشيوخ المائة.

البشر الفئران قادمون

قد يقترب العلماء أكثر من تحقيق حلم زراعة أعضاءٍ بديلة للبشر في أجسام حيواناتٍ أخرى خلال هذا العام، بينما يُحرزون تقدّمًا كبيرًا في تطوير تلك التقنية المحفوفة بالمعضلات الأخلاقية، إذ يخطط عالِم الخلايا الجذعية هيرو ميتسو ناكاوتشي بجامعة طوكيو لزراعة أنسجةٍ مُخلَّقة من خلايا بشرية في أجنة فئران وجرذان. وبعدها سيزرع تلك الأجِنَّة الهجينة في حيواناتٍ بديلة، وهي خطوة كانت محظورةً إلى أن دخل قانونٌ جديد حيزَ التنفيذ في اليابان في شهر مارس الماضي. وتَقدَّم ناكاوتشي ومعاونوه أيضًا بطلبٍ لإجراء تجربةٍ مشابهة باستخدام أجنة الخنازير. وتتمثَّل الغاية النهائية لهذا البحث في إنتاج حيواناتٍ ذات أعضاء يمكن في النهاية زراعتها في أجسام البشر، لكنَّ بعض الباحثين يعتقدون أنَّ تطوير «الأنسجة شبه العضية» في المختبر سيكون أكثر أمانًا وفعاليةً.

مواد تحقِّق توصيلًا فائقًا دون استخدام ضغط

يأمل علماء الفيزياء في تحقيق حلمهم بتطوير مادةٍ توصِّل الكهرباء، دون مقاومةٍ في درجة حرارة الغرفة، رغم أنَّ هذه المواد فائقة التوصيل لا تعمل في الوقت الحالي إلا تحت ضغوطٍ تبلغ الملايين بوحدة الكيلو باسكال. وبعد نجاح المُركَّبات المعروفة باسم «هجائن اللانثانوم الفائقة»، التي حطمت في عام 2018 جميع الأرقام القياسية لدرجات الحرارة فيما يتعلق بالتوصيل الفائق، يأمل الباحثون الآن في تصنيع هجائن فائقة من مادة الإتريوم، وهذه قد تنجح في التوصيل الفائق للكهرباء في ظل درجات حرارة تصل إلى 53 درجة مئوية.

هجوم مضاد على البعوض

سيشهد هذا العام نهاية تجربةٍ مهمة في مدينة يوجياكارتا الإندونيسية، تتعلق بتقنيةٍ قد تكبح انتشار حمى الضنك، إذ أطلق باحثون أسرابًا من البعوض تحمل البكتيريا الولبخية *Wolbachia* -التي تثبط تناسُخ الفيروسات المنقولة عن طريق البعوض، المسببة لأمراض حمى الضنك، والشيكونجونيا، وزيكا- وأتاحوا للعدوى البكتيرية أن تنتشر بين مجموعات البعوض البرية. وقد أسفرت اختباراتٌ أصغر نطاقًا في إندونيسيا، وفييتنام، والبرازيل عن نتائج مُبشِّرة مثيرة للاهتمام.

ومن المقرر أيضًا تجربة لقاحٍ واعد جديد لمكافحة الملاريا في جزيرة بيوكو، الواقعة في غينيا الاستوائية. وتأمل منظمة الصحة العالمية في العام الحالي 2020 في القضاء على مرض النوم -أو ما يُعرف باسم «داء المثقبيات الأفريقي»- كمشكلةٍ تهدد الصحة العامة. وجديرٌ بالذكر أنَّ هذا المرض البغيض ينقله ذباب التسي تسي (*Glossina spp*).

بطاريات صلبة

تخطط شركاتٌ من أحجام شتى لبدء بيع الخلايا الشمسية المعتمِدة على مركّبات البيروفسكايت، وهي مركباتٌ واعدة، قد تكون بديلًا أرخص وأسهل في إنتاجه من بلورات السيليكون المستخدَمة في صناعة الألواح الشمسية التقليدية. وعند استخدام تلك المركّبات إلى جانب مادة السيليكون في الخلايا الشمسية الترادفية، يمكن لها أن تُنتِج الألواح الشمسية الأكثر كفاءة في الأسواق.

ويمكن لقطاع الطاقة تحقيق إنجاز فارق آخر خلال دورة الألعاب الأوليمبية، المقرر انعقادها في طوكيو في شهر يوليو المقبل، إذ من المتوقع أن تزيح شركة «تويوتا» الستار حينها عن أول نموذج لسيارة تعمل ببطاريات أيونات الليثيوم ذات الإلكتروليتات الصلبة، التي تحل فيها مادةٌ صلبة محل السائل الفاصل بين الأقطاب الكهربائية داخل البطارية، وهو ما يزيد كمية الطاقة التي يُمكن للبطاريات تخزينها. ومع أنّ طاقة هذه البطاريات تدوم لفترةٍ أطول، إلا أنها أبطأ في شحنها.

خميرة مُخلَّقة

من المقرر أن تنتهي خلال هذا العام الجهود الطموحة التي يهدف من خلالها علماء البيولوجيا التخليقية إلى إعادة بناء سلالة خميرة الخبَّاز *Saccharomyces cerevisiae*. وكان العلماء قد استبدلوا بالكامل من قبل الشفرة الجينية لكائناتٍ حية أبسط بكثير، مثل بكتيريا المفطورات الفطرانية *Mycoplasma mycoides*، لكنَّ تحقيق ذلك في خلايا الخميرة يُعَد أصعب بكثير، نظرًا إلى تعقيدها. وهذا العمل، المعروف باسم مشروع «الخميرة المُخلَّقة 2.0 «Synthetic Yeast 2.0، هو تعاونٌ بين 15 مختبرًا في أربع قارات. وقد غيَّرَتْ فِرَق باحثي المشروع الحمض النووي في جميع الكروموسومات الستة عشر لخميرة الخباز تدريجيًّا؛ لتحل محله نُسَخ مُخلَّقة. وجرَّبوا أيضًا إعادة ترتيب الجينوم وتعديله، أو حذف أجزاءٍ منه، لفهم كيفية تطور ذلك الكائن الحي، وتكيُّفه مع الطفرات. ويأمل الباحثون في أنّ تكشف خلايا الخميرة المهندَسة جينيًّا طرقًا أكثر كفاءةً ومرونة لتصنيع مجموعةٍ من المنتجات؛ بدءًا من الوقود الحيوي، ووصولًا إلى الأدوية.

هل وجدنا مقبرة نفرتيتي؟ مسوح الرادار تعيد إثارة الجدل بشأن حجراتٍ خفية

مسح جديد يشير إلى حيِّز فراغي لم يسبق اكتشافه، موجود خلف حجرة دفن الملك توت عنخ آمون.

جو مارشانت

كَشَف مسحٌ راداريّ أُجري حول مقبرة الملك توت عنخ آمون في وادي الملوك بمصر عن أدلّة ترجِّح وجود مزيدٍ من الحجرات الكامنة خلف جدران المقبرة.

النتائج الواردة في تقرير غير منشور، أُطلِعَت دورية *Nature* على تفاصيلِه، تبعث من جديد نظرية خلافية، تقول إنّ موقع دفن الملك الصغير يخبِّئ وراءه مقبرة أكبر، ربما ترقد فيها الملكة المصرية الغامضة نفرتيتي.

وقد استخدم باحثون، بقيادة عالِم الآثار ممدوح الدماطي، الذي عمل وزيرًا سابقًا للآثار، الرادار المخترِق للأرض (GPR)؛ لمسح المنطقة التي تحيط مباشرة بمقبرة توت عنخ آمون. وذكروا في تقريرهم أنهم اكتشفوا مساحة تشبه الممر، لم تكن معروفة من قبل، تقع على بعد أمتار قليلة من حجرة الدفن (انظر الشكل: «حجرة الأسرار»). وقُدِّمت النتائج التي توصّل إليها الباحثون إلى المجلس الأعلى للآثار في مصر، في وقت سابق من شهر فبراير الماضي.

وفي ذلك الصدد.. يقول راي جونسون، عالِم المصريات من معهد الدراسات الشرقية -التابع لجامعة شيكاجو- بمدينة الأقصر المصرية، الذي لم يشارِك في إجراء البحث: "لا شك أن شيئًا ما موجودٌ على الجانب الآخَر من الجدار الشمالي لغرفة الدفن".

وقد سبق أنْ تَقَصَّت عدة فِرَق بحثية احتمالية وجود حجرات إضافية وراء مقبرة توت عنخ آمون، وكثيرًا ما كانت عمليات البحث تُجرى بالتعاون مع شركات خاصّة، بيد أن تلك التحقيقات تمخّضت عن نتائج متضاربة، ورفض كثير من الباحثين تلك الفكرة؛ فعلى سبيل المثال.. أَصَرَّ فرانشيسكو بورشيلي -عالِم الفيزياء في جامعة العلوم التطبيقية، الواقعة بمدينة تورينو الإيطالية، الذي قاد عملية مسح باستخدام الرادار المخترِق للأرض داخل المقبرة في عام 2017- على أن بياناته تستبعد وجود حجرات غير مُكتشَفة تتصل بالمقبرة.

ملكة مصر المفقودة

كان فريق الدماطي يتحقق من صحة نظرية مفادها أن مقبرة الملك توت عنخ آمون، التي اكتُشِفت في عام 1922، وكانت صغيرة الحجم على نحوٍ غير معتاد بالنسبة إلى مقبرةٍ مَلَكية، تحتوي أيضًا على غرف شاسعة غير مكتشَفة، بل وربما تضم المثوى الأخير للملكة نفرتيتي، الذي يبحث عنه علماء الآثار. ويَعتقِد بعض علماء المصريات أنه قبل فترة حُكْم الملك توت عنخ آمون مباشرةً في القرن الرابع عشر قبل الميلاد، حكمت نفرتيتي -التي تزوّجت ابنتها من توت عنخ آمون- البلادَ بوصفها فرعونًا، وإنْ لم يدم ذلك إلا لفترة قصيرة. ولم يُعثر قط على مقبرتها في وادي الملوك.

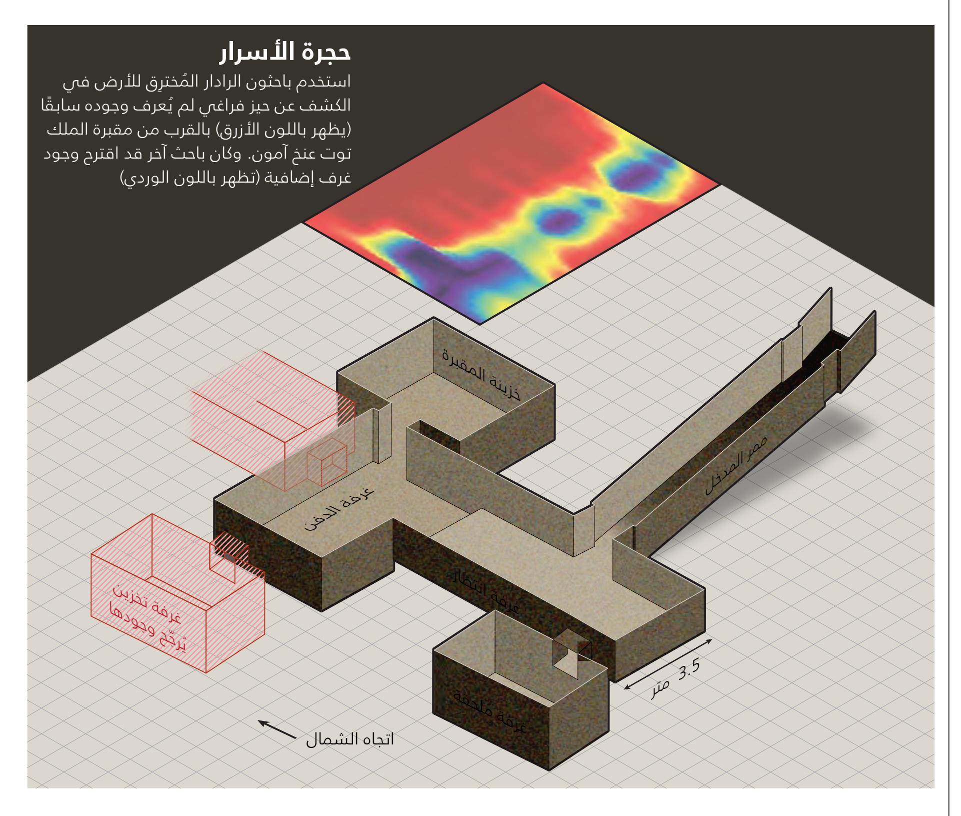
واستطاع الفريق رصد وجود ممر طويل في هيكل المقبرة الأساسي، على بعد أمتار قليلة في اتجاه الشرق، وعلى العمق نفسه الذي توجد فيه حجرة دفن الملك توت عنخ



OLIVER LANG/DDP/AFP/GETTY

تمثال نصفي من الحجر الجيري للملكة المصرية نفرتيتي معروض في متحف برلين الجديد.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



حجرة الأسرار
استخدم باحثون الرادار المُخترق للأرض في الكشف عن حيز فراغي لم يُعرف وجوده سابقًا (يظهر باللون الأزرق) بالقرب من مقبرة الملك توت عنخ آمون. وكان باحث آخر قد اقترح وجود غرف إضافية (تظهر باللون الوردي)

آمون، ويمتدّ هذا الممر بالتوازي مع ممر مدخل المقبرة. ويبدو أن ارتفاعه يبلغ قرابة المترين، ولا يقل طوله عن عشرة أمتار.

وليس من المؤكّد بعد ما إذا كان ذلك الحيز الفراغي متّصل فِعليًّا بمقبرة الملك توت عنخ آمون، التي تُعرف بمقبرة KV62، أم أنه جزء من مقبرة أخرى تقع بالقرب من قبر الملك. ويحاجِج الباحثون بأنّ موضع ذلك الحيز الفراغي، المتعامد على المحور الرئيس لمقبرة KV62، يُرجّح وجود اتصال، لأنّ المقابر غير المتّصلة ببعضها عادة ما تكون صفوفها بزوايا مختلفة.

غير أن تلك الفرضية لم تُقْنِع الجميع؛ إذ يقول زاهي حوّاس -وهو أيضًا وزير آثار مصري سابق- إنّ استخدام التقنيات الجيوفيزيائية للبحث عن المقابر في مصر سبق أنْ أجّج آمالًا زائفة، مُحاجِجًا بأنه ينبغي عدم المضيّ قدمًا في هذا الاتجاه من البحث، زاعمًا بأن "استخدام الرادار المخترِق للأرض لم يثمر عن أي اكتشاف في أي موقع بمصر". وجدير بالذكر أن حوّاس نفسه يبحث حاليًّا عن مقابر جديدة، من بينها مقبرة الملكة نفرتيتي، ولكنّه ينتهج طُرُقًا أكثر تقليديةً. وقد صرّح في حديث أجراه مع دورية *Nature* في عام 2019 بأنه أجرى عمليات تنقيب في المنطقة التي تقع شمال مقبرة KV62 ؛ بحثًا عن مداخل للمقبرة، لكنّه لم يعثر على شيء.

تاريخ مثير للجدل

المسح الراداري هو الأحدث في سلسلة من عمليات البحث الساعية للتحقق مما إذا كانت في الموقع حجرات دفن إضافية، أم لا. وقد أثار هذا المسح الكثير من الخلاف، والنتائج المتضاربة، على حد سواء. فمِن ناحية، يرى نيكولاس ريفز -عالِم المصريات البريطاني، الذي أمضى سنوات عمل كثيرة في وادي الملوك- أن البيانات الجديدة مثيرة للاهتمام، لكنّ ذلك المَعْلم المُكتشَف مؤخرًا ليس في المكان الذي كان يتوقّعه، إذ افترض سابقًا أنّ الحجرات غير المكتشَفة، التي يُحتمل وجودها، ستمتد إلى شَمال مقبرة توت، وليس إلى يمينها، حسبما ترجِّح البيانات. ورغم ذلك.. فإن ريفز، الذي كان أوّل مَن أشار إلى فكرة وجود امتدادٍ للمقبرة KV62، ما زال يعتقد أنه سيتسنّى العثور على نفرتيتي في مكانٍ ما بداخل المقبرة.

وفي ورقة بحثية صدرت خلال عام 2015، أبلغ ريفز عن

"إذا دُفنت نفرتيتي كما دُفِن الملوك الفراعنة، فإن هذا قد يكون أكبر اكتشاف أثري على الإطلاق".

عثوره على خطوط مستقيمةٍ وشقوقٍ في الجدران المزدانة برسوم في حجرة دفن الملك توت عنخ آمون. ورأى أنّ هذا من شأنه أنْ يدل على وجود مداخل خفية. وزعم الباحث تحديدًا أن الجدار الواقع في أقصى شمال حجرة دفن الملك ليس من حَجَر أساس المقبرة الصلب، مثلما كان مُتصوّرًا في السابق، بل إنه جدار زائف، مِن نوع الجدران التي اعتاد بناة المقابر المصرية القديمة استخدامها؛ لإخفاء حجرات أخرى وراءها. ومن خلال الإشارات الموجودة في رسوم جدران المقبرة، استنتج ريفز أن هناك جثمانًا آخر يرقد في مكان خفِيٍّ في المقبرة، وأنّ هذا الجثمان لنفرتيتي.

في أعقاب هذا التقرير، أشرف الدماطي -بصفته وزيرًا للآثار آنذاك- على اثنتين من عمليات مسح الرادار المخترِق للأرض، التي أُجريت على جدران المقبرة؛ إحداهما أجراها فريق من اليابان، وبدا أنه يؤكّد وجود حجرات غير مكتشَفة، فيما أخفق الفريق الثاني، الذي أرسلته شركة الإعلام الأمريكية «ناشونال جيوجرافيك» National Geographic في الوصول إلى النتائج نفسها.

أُزيح الدماطي من منصبه كوزير للآثار في عام 2016. وفي العام التالي، وَجَّه خليفته بالمنصب الدعوةَ إلى فريقين آخرين؛ لمسح المنطقة الواقعة حول مقبرة KV62، أملًا في حسم الجدل القائم، لكنّ الخلافات استمرّت، إذ زعم فريق منهما، عمل بقيادة بورشيلي داخل المقبرة، أنه من المستبعَد وجود حجراتٍ غير مكتشَفة خلف جدران المقبرة KV62 ، فيما طلب المجلس الأعلى للآثار من الفريق الثاني، التابع لشركة مسح جيوفيزيائي تسمَّى «تيرافيجن إكسبلوريشن» Terravision Exploration، ومقرها ويست موليزي في بريطانيا، أن يختصر الفريقُ الوقتَ المخصص لعمليات المسح.

ورغم ذلك.. فإن النتائج الأوّلية لعمليات المسح التي أجرتها شركة «تيرافيجن» -وهي عمليات أُجريت أيضًا من داخل المقبرة- تشير إلى وجود المزيد الذي يمكن اكتشافه. ولهذا، فإن الدماطي، الذي يعمل حاليًّا بجامعة عين شمس في القاهرة، أصرّ على استكمال عمليات البحث عبر مسح المنطقة خارج المقبرة، مُعلِّقًا بقوله: "أنا لا أستسلم بسهولة". وقد وافق المجلس الأعلى للآثار على طلب جديد بإجراء عمليات مسح في الموقع. وفي يونيو عام 2019، عاد الدماطي وشركة «تيرافيجن» بصحبة فريق من المهندسين من جامعة عين شمس؛ لإنهاء المهمة البحثية.

ومع ذلك، فإن التشويش الذي تتسبب فيه وحدات تكييف الهواء، التي توجد بالقرب من موقع المسح، تَسَبَّب في عجز الفريق عن جمْع بيانات حاسمة بشأن المنطقة بالغة الأهمية، التي تقع إلى الشمال مباشرةً من حجرة دفن الملك توت عنخ آمون.

ويخطط الدماطي للتقدّم بمقترح للعودة، ودراسة الموقع بمزيد من التفصيل، لكنْ حسبما يقول تشارلي ويليامز، الرئيس التنفيذي لشركة «تيرافيجن»، فإنه سيكون من الصعب إجراء عمليات المسح بالقرب من حجرة الدفن، دون إزالة وحدات تكييف الهواء، إلا أنه واثق من أنه سيتمكّن من تحديد شكل هذا الحيز الفراغي وموقعه مِن على بُعْد سنتيمترات قليلة، ومعرفة ما يؤدّي إليه باستخدام هوائي مختلف، وبالجمع بين القراءات التي يحصل عليها.

مقبرة سليمة تمامًا

لاقت تلك النتائج حماسًا من علماء مصريات آخرين؛ حيث لا يَستبعِد جونسون إمكانية العثور على جثمان الملكة نفرتيتي في هذا الحيِّز الفراغي الغامض، لكنْ إذا تَبَيَّن أن تلك الحجرة تخصّ مقبرة مختلفة لم تُكتشَف بعد، فإنّ جونسون يقترح أنها قد تحتوي على جثمان عنخ إسن آمون، زوجة الملك توت عنخ آمون، التي لم يُستدَلّ على مقبرتها.

أمّا إيدان دودسون، عالِم المصريات بجامعة بريستول بالمملكة المتحدة، فيساوره الشك في أطروحات ريفز بشأن نفرتيتي، إلا أنه يدعم نظرية وجود مقبرة ثانية؛ زاعِمًا أنها ربما تضم رفات أميرات من عهد توت عنخ آمون. وبغضّ النظر عمّن بداخل هذه المقبرة، يقول دودسون إنّ هذا الاكتشاف ربما يكون "بالغ الأهمّية على نحو مذهل"، لأنّ هذا الجزء من الوادي سَدَّتْه طبقةٌ من مخلّفات فيضان قديم، هي نفسها التي حَمَت مقبرة KV62 من ناهبي القبور لآلاف السنين. وفيما يتعلق بالمقبرة التي يُحتمل وجودها، يضيف قائلًا: "من المؤكد أنها لم تُمَسّ".

ويَعقِد ريفز آمالًا كبيرة هو أيضًا في هذا الصدد، إذ يقول: "إذا دُفنت نفرتيتي كما دُفِن الملوك الفراعنة، فإنّ هذا قد يكون أكبر اكتشاف أثري على الإطلاق". ويرجِّح أنه إذا استمرّت الأدلة في التتابع، فسيتعيّن عَقْد مؤتمر دولي يحضره الخبراء؛ للنظر في الخطوات التالية. ويضيف أنه لا يجب التعجّل فيما يتعلق بأيّ عملية تنقيب تنطوي على مساس مادّي بالمقبرة، لأن عملية الحفر في هيكل المقبرة الأساسي ستكون بالغة الصعوبة، كما أن الحفر في الجدار الشمالي لحجرة الدفن قد يدمِّر ما تحمله هذه الجدران مِن فَنٍّ لا يُقَدَّر بثمن.

وجدير بالذكر أن المجلس الأعلى للآثار في مصر لم يستجب لطلب التعليق الذي تقدّمت به دورية *Nature*.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ازدهار محاولات استخدام أداة التحرير الجيني «كريسبر» لمكافحة الأمراض

علماء يتطلعون إلى استخدام أداة «كريسبر» في تطبيقاتٍ طبية أكثر تطورًا مع تتابُع ظهور نتائج التجارب الإكلينيكية.

هايدي ليدفورد

يبدو أنَّ إمكانية استخدام أداة تحرير الجينوم الشهيرة «كريسبر» CRISPR في علاج مجموعةٍ من الأمراض البشرية تقترب من التحوُّل إلى حقيقة.

ففي حقل التطبيقات الطبية، حظي نظام «كريسبر-كاس9» CRISPR–Cas9 بعامٍ رائع سنة 2019، إذ تتابع ظهور النتائج الأولى من التجارب التي أخضعت النظام للاختبار في مجموعةٍ من الأشخاص، وانطلقت تجارب جديدة تستخدمه. وفي السنوات المقبلة، يتطلع الباحثون إلى استخدام أداة «كريسبر» للتحرير الجينومي في تطبيقاتٍ أكثر تطوُّرًا، يُمكن أن تُرسيَ الأساس لعلاج مجموعةٍ من الأمراض، بدءًا من اضطرابات الدم إلى العمى الوراثي.

ومع أنَّ نتائج التجارب الإكلينيكية للتحرير الجينومي باستخدام أداة «كريسبر» قد جاءت مُبشِّرة حتى الآن، يقول الباحثون إنَّ من السابق لأوانه معرفة ما إذا كان استخدام الأداة على المرضى سيكون آمنًا أو فعالًا، أم لا. ففي هذا الشأن، يقول إدوارد ستادتماور، المتخصص في علم الأورام في جامعة بنسلفانيا بولاية فيلادلفيا الأمريكية: "كان هناك الكثير من التحفظات التي لها ما يوجبها فيما يتعلق باستخدام هذه الأداة في علاج الإنسان، لكنني أعتقد أننا بدأنا نرى بعض ثمارها".

مرّت سبعة أعوام فحسب، منذ أن اكتشف الباحثون إمكان استخدام نظام «كريسبر-كاس9» -وهو نظام دفاعي جزيئي، تستخدمه الكائنات الحية الدقيقة لصد الفيروسات وغيرها من الغازيات- في تحرير الجينات البشرية. ومنذ ذلك الحين، جذب تحرير الجينات الانتباه لقدرته على تعديل الأجِنَّة، وهو استخدام محفوف بمخاوف أخلاقية وقانونية، إذا ما كان من المقرر لهذه الأجنة أن تصير بَشرًا، لكنْ بالتوازي مع ذلك، أخذ العلماء يختبرون قدرة أداة «كريسبر» -الأقل إثارةً للجدل بكثير- على تعطيل الجينات المُسبِّبة للمشكلات في الخلايا الأخرى، أو تصحيحها، من أجل علاج مجموعةٍ من الأمراض.

وفي عام 2016، أعلن باحثون صينيون أنَّهم عالجوا أول شخص باستخدام نظام «كريسبر-كاس 9» مصمَّم لمحاربة السرطان، إذ عطَّل الباحثون في الخلايا المستخلصة من دم الشخص المُشارِك الجين الذي يُشفِّر بروتين PD-1. وهو بروتين يضبط عمل الجهاز المناعي، لكنَّه قد يحمي بعض الخلايا السرطانية أثناء ذلك، ثم أعادوا حقن الخلايا في جسم المشارك.

وبحلول أواخر العام الماضي 2019، كانت قاعدة بيانات موقع ClinicalTrials.gov، التابعة للحكومة الأمريكية، قد أدرجت أكثر من اثني عشرة دراسةً جارية، تختبر استخدام أداة «كريسبر-كاس9» كعلاج لمجموعةٍ من الحالات المَرَضية، من بينها السرطان، وفيروس نقص المناعة البشرية، واضطرابات الدم، بيد أنه حتى الآن، لم يُعالَج في هذه التجارب سوى عددٍ قليل للغاية من الأشخاص، وهو عدد



يتسم مرض فقر الدم المنجلي بخلايا دم حمراء مشوهة.

غير كافٍ للتوصُّل إلى أي استنتاجاتٍ مؤكَّدة بشأن أمان استخدام العلاجات القائمة على أداة «كريسبر-كاس9»، أو مدى فاعليتها. ففي تجربتين -جرى في إحداهما زرع بعض خلايا الدم المُحررة جينيًا في رجلٍ لعلاج عدوى نقص المناعة البشرية، وفي الأخرى زُرِعت الخلايا في ثلاثة أشخاص لعلاج السرطان- لم تظهر النتائج الأولية أي علامات على التحسُّن الإكلينيكي.

ورغم أنَّ الخلايا المزروعة في كلتا التجربتين نَمَت مزدهرة في النخاع العظمي لمتلقِّي العلاج، بدون أي مشكلات خطيرة

"كان هناك الكثير من التحفظات التي لها ما يوجبها فيما يتعلق باستخدام هذه الأداة في علاج الإنسان".

متعلقة بالسلامة، فهي لم تُظهِر أي فائدةٍ طبية ملموسة. ففي تجربة علاج نقص المناعة البشرية، حاول الباحثون استخدام أداة «كريسبر» لتعطيل بروتين تستخدمه سلالاتٌ كثيرة من الفيروس المسبِّب للمرض لدخول الخلايا، لكنَّ 5% فقط من الخلايا المزروعة كانت مُحرَّرة، وهذه نسبة غير كافية لعلاج المرض، حسب ما ذكره الباحثون في شهر سبتمبر الماضي (L. Xu *et al*. *N. Engl. J. Med.* **381**, 1240–1247; 2019). وفي ذلك الصدد.. يقول هونجكوي دِنج -وهو باحث في الخلايا الجذعية في جامعة بكين في العاصمة الصينية بكين، والمؤلِّف الرئيس للدراسة- إنَّ الدراسة مُعلَّقة إلى أنْ يَستكشِف الباحثون سُبُلًا لزيادة هذه النسبة.

وثمة بوادر مُبشِّرة بأنْ تحظى تجربةٌ أخرى بنجاحٍ أكبر، إذ عالجت شركة «كريسبر ثيرابيوتكس» CRISPER Therapeutics، في مدينة كامبريدج بولاية ماساتشوستس الأمريكية، وشركة «فيرتِكس فارماسيوتيكالز» في مدينة بوسطن بولاية ماساتشوستس الأمريكية، شخصين مصابين باضطرابين وراثيين، هما: فقر الدم المنجلي، وبيتا ثلاسيميا، وفيهما تُستنفَد جزيئات الهيموجلوبين القادرة على حمل الأكسجين في الدم. وتكمن فكرة هذا العلاج في استخدام أداة «كريسبر» لتعطيل جينٍ يوقِف إنتاج شكلٍ آخر من الهيموجلوبين. وتشير النتائج الأوَّلية إلى أنَّ هذا العلاج ربما يكون قد خفَّف بعض أعراض هذين الاضطرابين.

ويتطلَّع باحثون آخرون بشدة إلى تجاوُز مرحلة تحرير الجينات في الأطباق المختبرية، غير أنَّ التحدِّي يكمن في إيجاد طريقةٍ لنقل أدوات تحرير الجينات إلى الأماكن التي تحتاج إليها داخل الجسم، حسبما يقول جون ليونارد الرئيس التنفيذي لشركة «إنتيليا ثيرابيوتكس» Intellia Therapeutics، وهي شركةٌ للتكنولوجيا الحيوية في مدينة كامبريدج في ولاية ماساتشوستس الأمريكية، تركز جهودها على استخدام أداة «كريسبر-كاس9» للتحرير الجينومي.

من هنا، وفي يوليو الماضي، أطلقت كل من شركة «إديتاس ميديسين» Editas Medicine للأدوية في مدينة كامبريدج في ولاية ماساتشوستس، وشركة «أليرجان» Allergan للأدوية في دبلن تجربةً قائمة على تحرير بعض خلايا العين؛ لعلاج النوع العاشر من مرض «كُمنة ليبر الخلقية»، وهو اختلالٌ وراثي يُمكن أن يُسبِّب العمى، حيث من المقرر أن يحقن الباحثون العين بفيروس يحتوى على حمضٍ نووي يُشفِّر أدوات تحرير الجينوم «كريسبر-كاس9»، متجاوزين بذلك الحاجة إلى توجيه أدوات التحرير الجينومي عبر مجرى الدم إلى الأنسجة المطلوبة، إذ سيكون هذا الفيروس مسؤولًا عن نقل أدوات تحرير الجينوم إلى داخل الخلايا. وتُعَد هذه أول تجربة تحاول تحرير الجينات بأداة «كريسبر-كاس9» داخل الجسم، ومن المحتمل أن يُبلَّغ عن نتائجها الأوليّة خلال هذا العام.

ومن جانبه، يقول تشارلز جيرسبَخ -وهو مهندسٌ بيولوجي في جامعة ديوك بمدينة دورهام في ولاية كارولينا الشمالية الأمريكية- إنَّ هذه ستكون لحظةً فارقة لهذا المجال، لكنَّه ومجموعة من العلماء الآخرين يأملون في أن يتخلى الباحثون -في نهاية المطاف- عن استخدام الفيروسات لنقل أدوات تحرير الجينوم إلى داخل الخلايا، إذ يُمكن أن تثير الفيروسات المُعطَّلة استجاباتٍ مناعية، فضلًا عن أنها لا تحمل سوى كميةٍ محدودة من الحمض النووي.

والأهم من ذلك.. أنَّ بعض أدوات تحرير الجينات كبير جدًّا إلى حد يمنع إدخالها في فيروسات العلاج الجيني شائعة الاستخدام، وفقًا لما يقوله أندرو أنزالون، المتخصص في البيولوجيا الكيميائية في معهد برود، التابع لكلٍّ من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا وجامعة هارفارد بمدينة كامبريدج في الولاية ذاتها. ومن بين هذه الأدوات: أنظمة «كريسبر» المُحسَّنة، التي تُدعى محررات الجينات الأولية، والتي نُشر أول تقرير عنها في العام الماضي 2019 (A. V. Anzalone *et al.Nature* **576**, 149–157; 2019).

لذا.. تبحث شركة «إنتيليا ثيرابيوتكس» عن طريقةٍ أخرى غير استخدام الفيروسات. وقد أبرمت شراكة مع شركة «نوفارتس» Novartis السويسرية العملاقة للأدوية، بهدف تطوير جسيماتٍ نانوية دهنية، يُمكنها حماية جزيئات تحرير الجينوم في أثناء انتقالها عبر مجرى الدم، بل وتستطيع كذلك المرور عبر أغشية الخلايا المُستهدَفة.

يقول جيرسبَخ إنّ جميع التقنيات التي تُختَبَر حاليًّا ليس من بينها أي تقنية تمثل ما يتوقعه الباحثون لتقنيات تحرير الجينوم على المدى الطويل، مُضيفًا بقوله: "الأساليب التي يتبعها الباحثون هي المتاحة لدينا حاليًّا، لكنَّها ليست الأساليب التي قد نستخدمها لتصميم الدواء المثالي".



NIAID-RML/DE WIT/FISCHER

فيروس كورونا المسبب لمرض «كوفيد-19»

مخاوف من انتشار كورونا في الدول ذات النظم الصحية الضعيفة

تتزايد مخاوف الباحثين من احتمالية سريان الفيروس في أفريقيا وآسيا، دون أن ترصده النظم الصحية.

سمريتي مالاباتي

حتى الآن، اكتُشفت حالاتٌ مصابة بفيروس كورونا الجديد «سارس-كوف-2» في 25 بلدًا خارج الصين، بيد أن الباحثين يحذرون من احتمالية وجود حالاتٍ مصابة بالفيروس لم ترصدها النظم الصحية، وذلك في بعضِ البلدان المعرضة بدرجة كبيرة لتفشى المرض بها، لكنَّها لم تعلن عن اكتشاف أي حالاتٍ مصابة، أو أعلنت عن اكتشاف عددٍ أقل من المتوقع من الحالات.

ويقول الخبراء إنَّ احتمالية وجود حالاتٍ غير مرصودة مصابة بهذا المرض، المعروف باسم «كوفيد-19» COVID-19، تثير القلق بالأخص في البلدان ذات أنظمة الرعاية الصحية الضعيفة، مثل بعض دول أفريقيا، وجنوب شرق آسيا، التي قد تتأثر سريعًا بتفشي الوباء فيها، وبشدة. فحتى الآن، أُبلِغَ عن رصد حالة إصابة واحدة فقط في قارة أفريقيا بمصر، لكنْ هناك دول أفريقية -مثل نيجيريا- تُعَد بالأخص عرضة لأنْ يتفشى فيها المرض، نظرًا إلى علاقاتها التجارية القوية مع الصين.

ويَستخدِم الباحثون بيانات الرحلات الجوية؛ لوضع نماذج توضح احتمالات انتشار الفيروس في جميع أنحاء العالم. وقد حدد واحدٌ من هذه النماذج 30 دولةً أو منطقةً قد ينتقل إليها الفيروس، بسبب العدد الكبير من الرحلات الجوية القادمة إليها من مركز تفشي المرض في مدينة ووهان الصينية، ومن مدنٍ أخرى بالصين تستقبل مسافرين كثيرين من ووهان.

ووفقًا لدراسةٍ نُشرت في يوم الخامس من فبراير الماضي، واستخدمت بيانات الرحلات الجوية الخاصة بشهر فبراير عام 2018، فإنَّ تايلاند هي الدولة الأكثر عرضةً لخطر تفشي الفيروس فيها (S. Lai *et al*. Preprint at medRxiv http://doi.org/dmr4; 2020).

وحتى مثول دورية *Nature* للطبع، كان قد أُبلغ عن رصد 35 شخصًا مصابًا بالعدوى في تايلاند، منهم 23 شخصًا كانوا في الصين. ويقول شينجي لاي -المتخصص في الوبائيات بجامعة ساوثهامبتون في المملكة المتحدة، الذي شارك في تأليف الدراسة- إنَّ النموذج الذي وضعه المؤلفون يُقدِّر أنَّه يُحتمل أن تايلاند قد استقبلت 207 حالاتٍ مصابة في الأسبوعين اللذين سبقا فرض حظر السفر من ووهان وإليها في أواخر شهر يناير الماضي.

وحتى الآن، لم تُبلِغ إندونيسيا عن رصد أي حالة، رغم كونها وجهةً رائجة للسياح الصينيين. وعن ذلك.. يقول لاي إنَّها ربما استقبلت ما يصل إلى 29 حالة، وفقًا للنموذج. وصرّح الباحث أيضًا بأنَّ عدة دول أخرى، منها ماليزيا، وفيتنام، وكمبوديا، وأستراليا، قد أبلغت عن رصد عددٍ أقل من الحالات، مقارنةً بتوقعات نموذج الدراسة.

وأوضح أندرو تاتم، وهو أيضًا متخصص في الوبائيات بجامعة ساوثهامبتون، وشارك في تأليف الدراسة، أنَّه من الممكن بالفعل ألَّا تكون هناك أي حالاتٍ في إندونيسيا حتى الآن، لكنَّ هذا قد يرجع إلى أنَّ المصابين قد تعافوا قبل اكتشاف إصابتهم بالمرض. وأضاف تاتم أنّ هناك احتماليةً أخرى، وهي أنَّ الحالات غير المُكتشَفة تنتشر، دون أن تُرصَد.

ورغـم تلـك التوقعـات.. يقـول أميـن سـوباندريو -العالِـم المتخصـص فـي الأمـراض المُعديـة، ورئيـس معهـد إيكمـان للبيولوجيـا الجزيئيـة فـي مدينـة جاكرتـا الإندونيسـية- إنَّ إندونيسـيا لديهـا القـدرة علـى رصـد الإصابـات بالفيـروس، إذا وصـل إلـى البـلاد.

هـذا.. ولكـنَّ بعـض الـدول فـي جنـوب شـرق آسـيا لديهـا عـددٌ محـدود مـن العامليـن فـي مجـال الرعايـة الصحيـة، وأَسِـرَّة المستشـفيات، وموظفـي الدعــم، وأجهــزة التنفــس الصناعــي. وســتجد هــذه الــدول صعوبــةً فــي الاســتجابة فــي حــال حــدوث زيــادةٍ مفاجئـة فـي حـالات الإصابـة بالفيـروس، وذلـك حسـبما يـرى ريتشـارد كوكـر، وهـو طبيـب متقاعـد، مقيـم فـي مدينـة بانكـوك التايلانديـة.

وقـد صـرَّح تيـدروس أدهانـوم جيبريسـوس -المديـر العـام لمنظمـة الصحـة العالميـة (WHO)- بـأنَّ قـرار المنظمـة بإعـلان تفشـي المـرض حالـةَ طـوارئ صحيـة عالميـة يرجـع -فـي الأسـاس- إلـى مخـاوف مـن انتشـار الفيـروس فـي الـدول ذات نظـم الرعايـة الصحيـة الضعيفـة.

ماذا عن أفريقيا؟

بسـبب تلـك المخـاوف.. يشـعر باحثـو الأمـراض المُعديـة بالقلـق أيضًـا مـن انتشـار الفيـروس فـي أفريقيـا، إذ يقـول مـارك ليبسـيتش -المتخصـص فـي الوبائيـات بكليـة هارفـارد تـي. إتـش. تشـان للصحـة العامـة فـي مدينـة بوسـطن بماساتشوسـتس- إنَّ عـددًا كبيـرًا مـن العمـال الصينييـن يعملـون فـي أفريقيـا، ويُعَـد سـفرهم بيـن الصيـن وأفريقيـا سـبيلًا محتمـلًا لانتقـال الفيـروس.

وقـد وجـد نمـوذجٌ آخـر أنَّ مصـر، والجزائـر، وجنـوب أفريقيـا هـي الـدول الأكثـر عرضـة لخطـر انتشـار الفيـروس فـي أفريقيـا. وجديـر بالذكـر أن هـذا النمـوذج التحليلـي، الـذي نُشـر فـي يـوم السـابع مـن فبرايـر، درس الرحـلات الجويـة القادمـة إلـى أفريقيـا مـن المـدن الصينيـة التـي أبلغـت عـن اكتشـاف حـالاتٍ مصابـة بالفيـروس، لكنَّـه اسـتبعد المـدن الواقعـة فـي مقاطعـة هوبـاي، التـي توجـد بهـا مدينـة ووهـان، بسـبب الحظـر الـذي قيَّـد حركـة السـفر مـن عديـدٍ مـن المـدن هنـاك منـذ أواخـر شـهر ينايـر (M. Gilbert et al. Preprint at medRxiv http://doi.org/dmr5; 2020).

وهـذه البلـدان الثلاثـة تمتلـك أيضًـا القـدرة علـى الاسـتجابة بفعاليـة لتفشـي المـرض، حسـبما صرحـت فيتوريـا كوليـزا، التـي تعمـل علـى وضـع نمـاذج لانتشـار الأمـراض المُعديـة فـي معهـد بييـر لويـس لعِلْـم الوبائيـات والصحـة العامـة فـي باريـس، والتـي شـاركت فـي تأليـف هـذه الدراسـة عـن أفريقيـا.

وتشـعر كوليـزا بالقلـق إزاء سـبع دولٍ أفريقيـة -علـى وجـه خـاص- مـن المحتمـل بدرجـةٍ متوسـطة أن ينتقـل إليهـا الفيـروس، لكـنَّ نظـم الرعايـة الصحيـة الضعيفـة فيهـا، أو تدهـور الوضـع الاقتصـادي، أو الاضطرابـات السياسـية تجعلهـا عرضـة بدرجـة كبيـرة لخطـر انتشـار الفيـروس. وتلـك الـدول هـي نيجيريـا، وإثيوبيـا، والسـودان، وأنجـولا، وتنزانيـا، وغانـا، وكينيـا.

وقبـل أسـبوعين فقـط مـن كتابـة هـذا التقريـر، لـم تكـن دول أفريقيـة عديـدة تمتلـك مختبـراتٍ قـادرة علـى تشـخيص مـرض «كوفيـد-19»، وهـو مـا تطلَّـب تحليـل العينـات خارجهـا، لكـنَّ كوليـزا تقـول إنَّ هـذا الوضـع يتغيـر حاليًّـا بسـرعة. فوفقًـا لمـا أعلنتـه منظمـة الصحـة العالميـة، زاد عـدد المختبـرات القـادرة علـى تأكيـد الإصابـة بالفيـروس فـي أفريقيـا مـن مختبريـن فقـط إلـى ثمانيـة مختبـرات علـى الأقـل.

ويوجـد ثلاثـةٌ مـن تلـك المختبـرات المُنشـأة حديثًـا فـي نيجيريـا، حسـبما أوضـح شـيكوي إيكويـزو، المديـر العـام لمركـز نيجيريـا لمكافحـة الأمـراض فـي مدينـة أبوجـا النيجيريـة.

وصـرَّح إيكويـزو بـأنَّ مسـاحة دولـة نيجيريـا، وعـدد المسـافرين الذيـن تسـتقبلهم، واقتصادهـا النشـط، هـي عوامـل تجعلهـا بالفعـل عرضـةً لانتقـال الأمـراض المُعديـة إليهـا، وأنَّ العلاقـات التجاريـة القويـة بيـن نيجيريـا والصيـن تشـكل مزيـدًا مـن الخطـر.

وقـد عـزَّزت نيجيريـا إجـراءات فحْـص المسـافرين القادميـن مـن الصيـن. ويـرى إيكويـزو أنَّ السـيناريو الأسـوأ بالنسـبة إلـى نيجيريـا سـيكون عـدم رصـد شـخصٍ مصـاب بالمـرض، ونقلـه العـدوى إلـى أشـخاصٍ آخريـن. وأضـاف قائـلًا: "هـذا فـي الحقيقـة هـو مـا يقـضّ مضجعـي".

انخفاض درجة حرارة أجسام البشر

انخفضت درجة حرارة أجسام البشر الطبيعية بمقدار جزء من الدرجة عما كانت عليه في القرن التاسع عشر.

إيون كالاواي

تشهد أجسام البشر انخفاضًا في درجات الحرارة. فمنذ القرن التاسـع عشر، انخفضت درجة حرارة الجسم الطبيعيـة بمقدار كَسْرٍ من الدرجة، حسبما أوضحت نتائج دراسة[1] بحثت في بيانات أكثر من 150 عامًا. والآن، أصبحت أجسام البشر -في المتوسط- أبرد من 37 درجة مئوية، وهي درجة الحرارة المتعارف عليها في الكتب العلمية، منخفضةً بذلك بمعدل بضعة أجزاء من المائة في كل عقد، حسب تقدير فريق قادته جولي بارسونت، عالمة وبائيات الأمراض المعدية بجامعة ستانفورد في كاليفورنيا. (M. Prostiv *et al.elife* **9**, e49555; 2020)

حـدد الطبيب الألماني كارل رينولد أوجسـت فوندرليش درجـة حـرارة الجسـم بــ37 درجـة مئويـة فـي عـام 1851، غير أن بعض الدراسـات اللاحقة اكتشـف أن متوسط درجة حـرارة الجسـم أبـرد مـن ذلك قليلًا. فقـد توصلت دراسـة أجريت في عـام 2017 على حوالي 35 ألف شخص إلى أن درجـة الحـرارة 36.6 درجة مئوية (Z. Obermeyer *et al Br. Med. J.* **359**, j5468; 2017). ويفسر العلماء هذا التفاوت بخطأ القياس، غير أن بارسونت تشير إلى أن بيانات فريقها والنموذج الذي وضعوه تفيد بأن الأجسام تبـرد بالفعل. فقد فحص الباحثون ثلاث مجموعات من البيانات: 83,900 درجـة حـرارة مُسـجلة بين عـام 1862، وعام 1930، أُخـذت من محاربين قدماء أيام الحرب الأهلية الأمريكية، ومجموعتين أخريين، تَضُمّان مئات الآلاف من القياسات التي أُخذت في سبعينيات القرن العشرين، وما بين عامي 2007، و2017.

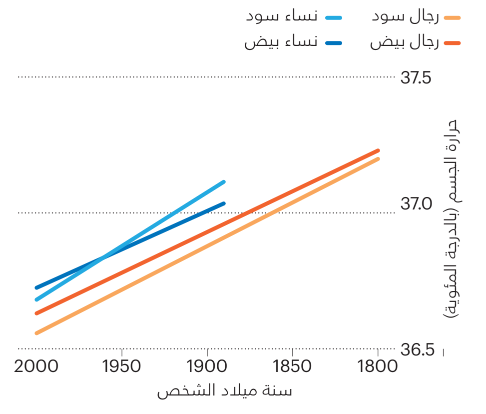
وجد الفريق أن السيدات اللاتي وُلِدن في العقد الأول من القرن التاسع عشر كانت درجات حرارة أجسامهن تزيد بمقدار 0.32 من الدرجة المئوية عن النساء اللاتي وُلِدن في أواخر تسعينيات القرن العشرين. وبالنسبة إلى الرجال، كان الفارق 0.59 من الدرجة المئوية. وبصفة عامة، انخفضت درجات الحرارة بمقدار 0.03 من الدرجة المئوية لكل عقد (انظر الشكل أدناه).

ترى بارسونت أن معدلات الإصابة المنخفضة بالأمراض المعدية طويلة المدى، مثل السل –الذي يمكن أن يتسبب في ارتفاع درجة حرارة الجسم– تُفسِّر هذا النمط. فخلال القرن التاسع عشر شاعت تلك الأمراض المعدية المزمنة، حسب قولها.

ومن جانبها، تقول جل والين –عالمة الأوبئة في معهد سكريبس للبحوث الانتقالية في لاهويا بكاليفورنيا– إن هذا الاقتراح "مثير للاهتمام ومقنع"، إلا أن القياسات التي استخدمها الباحثون لم تتضمن الفترة التي تبدأ مع أربعينيّات القرن العشرين، حينما بدأ استخدام المضادات الحيوية على نطاق واسع. وتضيف والين أنّ أي انخفاضٍ ملحوظٍ في درجات الحرارة خلال تلك الفترة من شأنه أن يدعم نظرية بارسونت، التي تعتمد على فكرة العدوى.

تأثير تقشعر له الأبدان

انخفض متوسط درجة حرارة الجسم الطبيعية بمقدار حوالى 0.03 من الدرجة المئوية لكل عقد منذ القرن التاسع عشر، طبقًا لدراسة اعتمدت على مئات الآلاف من القياسات المأخوذة من أشخاص عاشوا فى الولايات المتحدة.



SOURCE: *ELIFE*

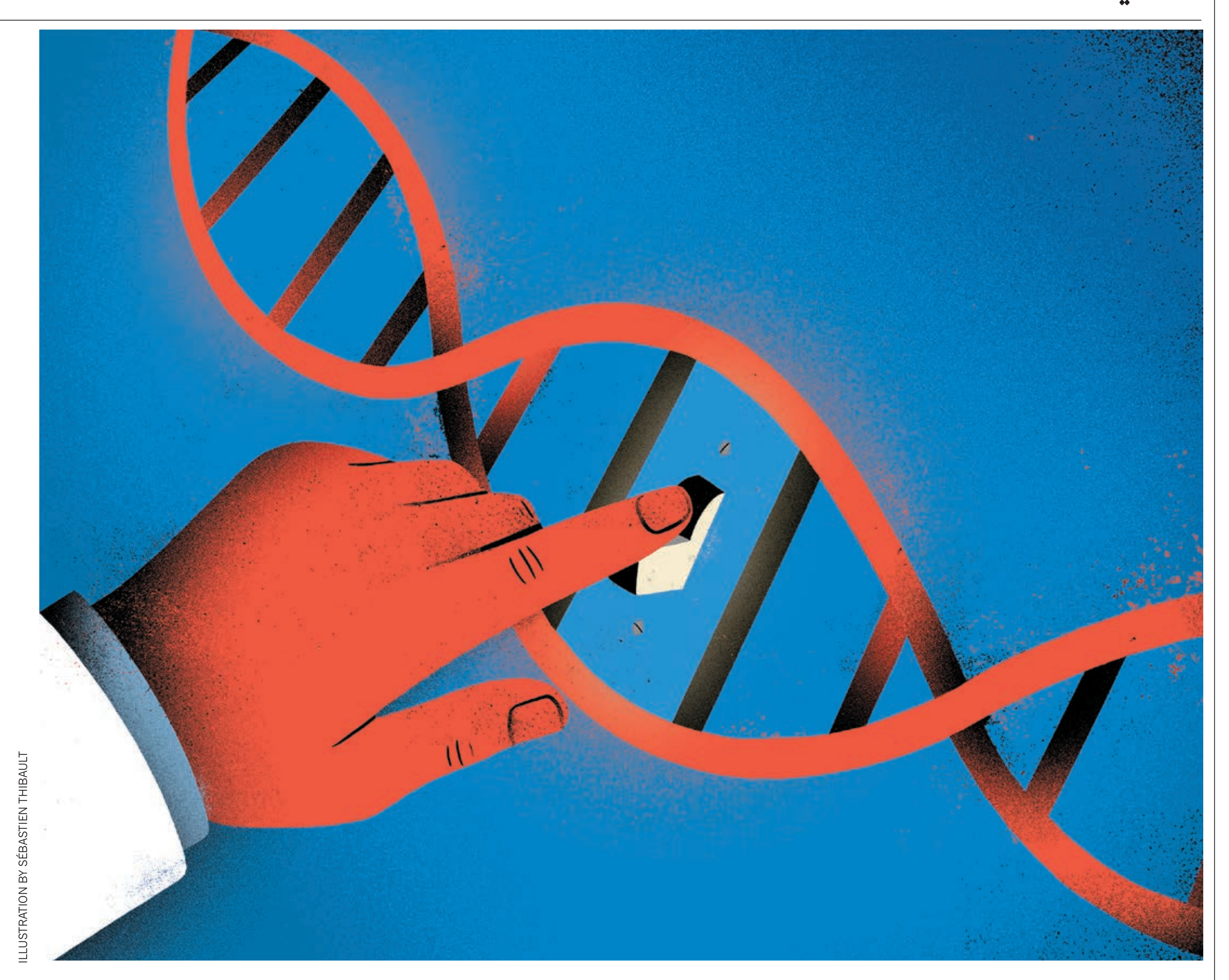


ILLUSTRATION BY SÉBASTIEN THIBAULT

مفتاح تعطيل أنظمة «كريسبر»

اكتشف باحثون مجموعةً كبيرة من الأدوات التي يمكن استخدامها لتعطيل أنظمة «كريسبر»، والتي قد تُسْهِم بالتالي في مجالَي الطب، والأمن البيولوجي. **بقلم إيلي دولجين**

في مرحلة الدراسات العليا في أوائل العقد الماضي، كان جو بوندي دينومي -عالِم الأحياء المجهرية بجامعة كاليفورنيا في سان فرانسيسكو- يحاول إصابة بكتيريا بفيروساتٍ لا تملك فرصة لإصابة هذه البكتيريا من الناحية النظرية. وحسبما يتذكر، بدا له الأمر في البداية "محاولةً عقيمة بعض الشيء"، إذ كان يعلم أنَّ هذه الفيروسات -التي تُعرَف أيضًا باسم «العاثيات»- قابلة للتأثر بنظام «كريسبر-كاس»، وهو نظام الدفاع البكتيري، الذي طوَّعه العلماء كأداةٍ فعَّالة للتعديل الجيني. وفي معظم الحالات، ثبت أنَّه كان على صواب. فقد نجحت آلية «كريسبر» في تقطيع العاثيات الوافدة إلى أجزاءٍ صغيرة، لكنْ في بعض الحالات -وعلى عكس التوقعات- تمكنت تلك العاثيات الدخيلة من النجاة.

ظن بوندي دينومي أنَّه قد أخطأ في شيءٍ ما، لكنْ لمعت في رأسه فكرة فيما بعد، حسبما يروي، هي احتمالية وجود جزء داخل جينوم البكتيريا يعطل دفاعاتها، وأنَّ ذلك الجزء ذاتي

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

التدمير من الحمض النووي قد نشأ عن فيروساتٍ غازيّة سابقة.
وأثبتت مقارنةٌ سريعة بين تسلسلات الحمض النووي صحة حدسه، فجينات العاثيات الموجودة في جينوم البكتيريا كانت تُعطِّل نظام «كريسبر-كاس» بالكامل، وهو ما يجعل البكتيريا عرضةً للإصابة بالفيروسات[1].

وعن ذلك الاكتشاف يقول ألان ديفيدسون، المتخصص في بيولوجيا العاثيات بجامعة تورنتو في كندا، الذي كان يشرف على رسالة الدكتوراة الخاصة ببوندي دينومي في ذلك الوقت: "توصّل جو إلى النتيجة التي غيرّت كل شيء. فقد وقع على اكتشاف مذهل لم نكن نتوقعه على الإطلاق"، إذ كان دينومي قد اكتشف مصادفةً أدواتٍ تُعرف الآن باسم «مضادات كريسبر»، وذلك بمشاركة ديفيدسون، وعالمة الأحياء المجهرية كارين ماكسويل، وزميلته طالبة الدراسات العليا أبريل بولوك. وهذه البروتينات بمثابة الصخرة التي تتحطم عليها المقصّات الجزيئية لأنظمة «كريسبر». وسرعان ما اكتُشِف الكثير منها، إذ تمكّن الباحثون من توصيف أكثر من 50 بروتينًا حتى الآن من «مضادات كريسبر»، ولكلٍّ منها وسائله الخاصة لمنع عملية القص واللصق التي تنفِّذها أنظمة «كريسبر».

وتثير هذه القائمة الطويلة من البروتينات كثيرًا من الأسئلة حول سباق التسلُّح العتيق بين البكتيريا والعاثيات التي تفترسها، لكنَّها أيضًا تزود العلماء بمجموعةٍ من الأدوات للإبقاء على تقنيات التعديل الجيني قيد السيطرة.

ويَستخدم بعض العلماء حاليًّا هذه البروتينات كمفاتيح، للتحكم بدقةٍ أكبر في نشاط أنظمة «كريسبر» في تطبيقات التعديل الجيني بمجالَي التكنولوجيا الحيوية، أو الطب، بينما يُجرِّب آخرون ما إذا كانت تلك البروتينات، أو غيرها من الجزيئات المُعطِّلة لأنظمة «كريسبر»، يمكن أن تُستخدم كتدابير مضادة، يُلجأ إليها كحلٍّ أخير لمواجهة تهديدات الأمن البيولوجي، بحيث تكون قادرة –على سبيل المثال- على ردع سلاحٍ بيولوجي ما، عُدِّل الجينوم الخاص به، أو التحكم في نظامٍ دفعٍ جيني خارج عن السيطرة.

ويقول عنها كيفن فورسبرج، المتخصص في علم جينومات الميكروبات بمركز فريد هاتشينسون لأبحاث السرطان، الواقع في مدينة سياتل بولاية واشنطن: "مهما كان السبب الذي قد يَرِد بخاطرك لتعطيل أنظمة كريسبر، ستستخدم مضادات كريسبر".

ورغم العدد المتزايد من التطبيقات المقترحة لأنظمة «مضادات كريسبر»، وتجارب إثبات جدواها في المختبر، ما زال يتعين على الباحثين استكشاف إمكاناتها العلاجية. وفي هذا الصدد، تطرح جينيفر دودنا -عالمة الكيمياء الحيوية بجامعة كاليفورنيا في مدينة بيركلي، أحد رواد تقنية «كريسبر»- سؤالًا تقول إنَّه يتردد على ألسنة الجميع: "كيف تَستخدِم هذه الأنظمة بطريقةٍ تتيح لك تَحَكُّمًا مجديًا؟".

وتضيف دودنا: "هذه بلا شك هي المسألة التي ينبغي لأبحاث مضادات كريسبر بأكملها أن تتطرق إليها، لكنَّها لم تفعل ذلك بعد".

جدل مستعِر

رغم التركيز المتزايد على «مضادات كريسبر»، الذي نتج عنه نشْر ورقةٍ بحثية كل أسبوع تقريبًا عنها، فإنّ الاكتشاف الأوَّلي الذي توصل إليه ديفيدسون وطلابه ظل بعيدًا عن دائرة الضوء، إذ بدا لمعظم العلماء كما لو كان مثالًا معقدًا -لا يُعني به إلا مختص- على حربٍ تطوُّرية ما، خاصةً لأنَّ جميع البروتينات المضادة لأنظمةً «كريسبر» التي اكتُشِفها الباحثون كانت ترتبط بنوعٍ معين من الدفاعات البكتيرية، يُعرَف باسم «النوع الأولً من أنظمة كريسبر». أمَّا النوع المفضل لدى الباحثين في عملية تعديل الجينوم، فكان النوع الثاني، وبروتينه التقليدي المُستخدَم لقطع الحمض النووي، المعروف باسم «كاس 9».

وتوضح بولوك -التي تعمل حاليًّا محررةً بدورية «سِل» *Cell*- هذا قائلة: "لكي ينتبه المجتمع البيولوجي الأوسع نطاقًا لهذا الاكتشاف، كان لا بد للأمر أن يتعلق ببروتين «كاس 9»".

وفي شهر ديسمبر عام 2016، تمكنت بولوك -التي كانت ما تزال تعمل حينها في مختبر ديفيدسون- ومعها بوندي دينومي -الذي كان يقود مجموعته البحثية المستقلة- من اكتشاف مُثبطاتٍ لإنزيم «كاس 9»[2،3]. وفي هذه المرة، سرعان ما اغتنم الباحثون حول العالم نتائج الدراسة. وعن ذلك.. يقول إريك زونتهايمر، عالِم البيولوجيا الجزيئية في كلية الطب بجامعة ماساتشوستس في مدينة ووستر، وأحد المؤلفين المشاركين لورقة بولوك البحثية[2]: "على غرار كل شيءٍ في عالم كريسبر، فإنّ أيّ تطورٍ بسيط... يندلع على أثره فجأةً جدل شاسع مستعر".

ففي خلال أقل من ثلاثة أشهر، كان علماء البيولوجيا البنيوية بمعهد هاربن للتكنولوجيا -الكائن في الصين- قد اكتشفوا الآلية الجزيئية التي يتمكن من خلالها بروتين AcrIIA4 -وهو أحد البروتينات المضادة لكريسبر التي اكتشفها بوندي دينومي- من تعطيل نشاط «كاس 9»[4]، (انظر شكل «مضادات كريسبر»). وبعد أشهر قليلة، استطاعت دودنا -بالتعاون مع بوندي دينومي، وعالِم الكيمياء الحيوية جيكوب كورن، الذي يعمل حاليًّا في المعهد الفيدرالي السويسري للتكنولوجيا في زيورخ- تقديم أول دليل على جدوى «مضادات كريسبر» في التطبيقات العملية، إذْ أثبتوا أنَّ تزويد الخلايا البشرية ببروتين AcrIIA4 يمكنه تعطيل نشاط التعديل الجيني[5]، سواءً فعلوا ذلك بعد تزويد الخلايا ببروتين «كاس 9»، أم في الوقت ذاته.

ولهذه العملية فوائدها، لأنَّ استمرار نشاط «كاس 9» لفترةٍ زمنية أطول من اللازم، يزيد من خطر تَسَبُّبه في تعديلاتٍ غير مقصودة. وأفادت دودنا ومعاونوها بأنَّ «مضادات كريسبر» يمكنها أن تحدّ من التأثيرات "غير المقصودة" لأنظمة التعديل الجيني، التي أعرب الباحثون والمستثمرون عن قلقهم بشأنها منذ بدايات تطوير تقنية «كريسبر».

وهذه القدرة على الحد من التأثيرات غير المقصودة سوف يكون لها دورٌ كبير في مجال علاج الأمراض باستخدام أنظمة «كريسبر»، وذلك حسبما يرى ديفيد رابوكا، المدير التنفيذي لشركة «أكريجين بيوساينسز» Acrigen Biosciences، التي شارك في تأسيسها مع بوندي دينومي، ويقع مقرها في مدينة بيركلي، والتي ترفع الشعار الترويجي"سنجعل تعديل الجينات أكثر كفاءةً وأمانًا"، حسبما أضاف رابوكا.

ويمكن أيضًا أن تساعد «مضادات كريسبر» في حصر نشاط التعديل الجيني في خلايا وأنسجة معينة بالجسم. ففي عام 2019، حاولت فِرقٌ بحثية منفصلة في ألمانيا، واليابان، والولايات المتحدة أن تستخدم البروتينات إلى جانب جزيئات تحكُّم صغيرة تُسمَّى الأحماض النووية الريبية المجهرية (microRNAs)، وذلك لإجراء تعديل جيني على أنسجة معينة فقط[6-8]، بل إنَّ الفريق الأمريكي بقيادة زونتهايمر أثبت إمكانية نجاح هذا النهج في الفئران. وتُعَد دراسة هذا الفريق الدراسة الوحيدة المنشورة حتى الآن التي تثبت أنَّ البروتينات المضادة لأنظمة «كريسبر» يمكن أن تنجح عند استخدامها في الحيوانات الحية، وليس فقط في الخلايا[8].

أراد زونتهايمر وزملاؤه السماح بعملية التعديل الجيني في الكبد، ومنعها في الوقت ذاته في جميع أنسجة الفئران الأخرى. لذلك، صمموا بروتينًا مضادًّا لأنظمة «كريسبر»، يتوقف نشاطه فقط في وجود جزيئات الحمض النووي الريبي المجهري، المعروف باسم «microRNA-122»، الذي لا يوجد إلا في الكبد. وفي الفئران، نجح هذا البروتين المضاد لأنظمة «كريسبر» في تعطيل نشاط التعديل الجيني الخاص ببروتين «كاس 9» في جميع أنحاء الجسم، عدا الكبد.

ويقول زونتهايمر إنَّه رغم تركيز الورقة البحثية على التعديل الجيني الموجَّه إلى الكبد، إلا أنّ تلك الآلية "يمكن استخدامها في أعضاء أخرى، دون تعديلاتٍ كبيرة"، بمعنى أنَّ أيّ أعضاء تنتج حمضًا نوويًّا ريبيًّا مجهريًّا فريدًا بمستوياتٍ عالية من التعبير يمكن استهدافها بهذه الطريقة، بشرط ألا تتسبب البروتينات المضادة لأنظمة «كريسبر» في آثارٍ مناعية غير مرغوبٍ فيها.

تقنيةٌ غير منيعة

يمتلك كثيرٌ من الأشخاص أجهزةً مناعية مهيَّأة بالفعل لمهاجمة بروتين «كاس 9»، وتعطيله، وذلك نتيجة تعرُّضهم في السابق لميكروباتٍ تحتوي على أنظمة «كريسبر-كاس». وهذا قد يُشكِّل تحديًّا؛ ففي الفئران -على سبيل المثال- يمكن أن تؤدي جرعةٌ واحدة فقط من دواءٍ يَعتمِد على تقنية «كريسبر» إلى استثارة استجابةٍ مناعية، قوية بما يكفي لإبطال فاعلية العلاجات اللاحقة.

ويرى زونتهايمر أنَّ البروتينات المضادة لأنظمة «كريسبر» يمكن أن تكون عُرضةً للمشكلة ذاتها، فيرفضها الجهاز المناعي، وهو ما قد يهدد استخدام تلك التقنية، ويتسبب في استجاباتٍ التهابية خطيرة بأجسام المرضى، لكنَّ الأنواع الأخرى من مثبطات أنظمة «كريسبر» لا يُفترض فيها أن تواجه القيود ذاتها. ففي مايو الماضي، وصف فريقٌ بحثي بقيادة أميت شودري -عالِم البيولوجيا الكيميائية في معهد برود، التابع لكلٍّ من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، وجامعة هارفارد في مدينة كامبريدج بولاية ماساتشوستس- طريقةً جديدة لاكتشاف عقاقير مكوَّنة من جزيئاتٍ صغيرة، قادرة على تعطيل نشاط بروتين «كاس 9»[9]. وفي حين أن المُركّبات التي اكتشفها فريق شودري لا تتسم بفاعلية البروتينات الطبيعية المضادة لأنظمة «كريسبر»، فإنَّ فرصتها أكبر في التسلل، متجاوزةً الجهاز المناعي، والحواجز الخلوية، وفي السماح بالتحكم العاكس لنشاط «كاس 9».

وفي دراسةٍ أخرى.. صمَّم باحثون سلاسل قصيرة من الأحماض النووية تُمسك بجزءين من مُركَّب «كاس 9»، وتُعطِّل تمامًا عملية تعديل الجينات في الخلايا البشرية[10]. وحول ذلك، يقول كيث جاجنون، المتخصص في الكيمياء الحيوية للحمض النووي الريبي بجامعة جنوب إلينوي في مدينة كاربونديل، الذي قاد تلك الدراسة: "نحن متأكدون بدرجةٍ كبيرة من أنَّ ما صممناه أكثر فاعلية من أفضل البروتينات المضادة لأنظمة كريسبر الموجودة حاليًّا جميعها". وتمكنت فِرقٌ بحثية أخرى كذلك -من بينها الفريق الخاص بعالمة الفيروسات بروك هارمون في مختبرات سانديا الوطنية، الواقعة في مدينة ليفرمور بولاية كاليفورنيا- من تصنيع أجزاءٍ صغيرة من البروتينات، تُبدِي إمكاناتٍ واعدة كمضاداتٍ لأنظمة «كريسبر». وتقول هارمون عن ذلك: "من الجيد أن يتوفر لديك الكثير من الخيارات المتنوعة".

وهذا التنوع قد يكون مهمًّا في التطبيقات الطبية، ومثال ذلك.. في الحد من نشاط التعديل الجيني للأدوية المُستهدِفة للجينات، أو في ابتكار علاجاتٍ من العاثيات قادرة على إبادة البكتيريا التي يصعب علاجها، دون أن تعوقها دفاعات «كريسبر» الخاصة بالبكتيريا.

تأمَّلْ -على سبيل المثال- أنظمة "الدفع الجيني"، التي يُوظِّف فيها العلماء تقنية «كريسبر» للتعديل الجيني لنشر تعديلٍ في الحمض النووي بسرعة، عبر مجموعةٍ بأكملها من كائنٍ ما، والتي يأمل بعض مسؤولي الصحة العامة أن تساعد على إبادة حشرات حاملة للأمراض، مثل البعوض، أو القراد.

ثمة مخاوف كثيرة بشأن الآثار البيئية غير المتوقعة لتلك الأنظمة، وإمكانية استخدامها كسلاح لإبادة النظم الزراعية،

أو نشر مرضٍ فتاك.

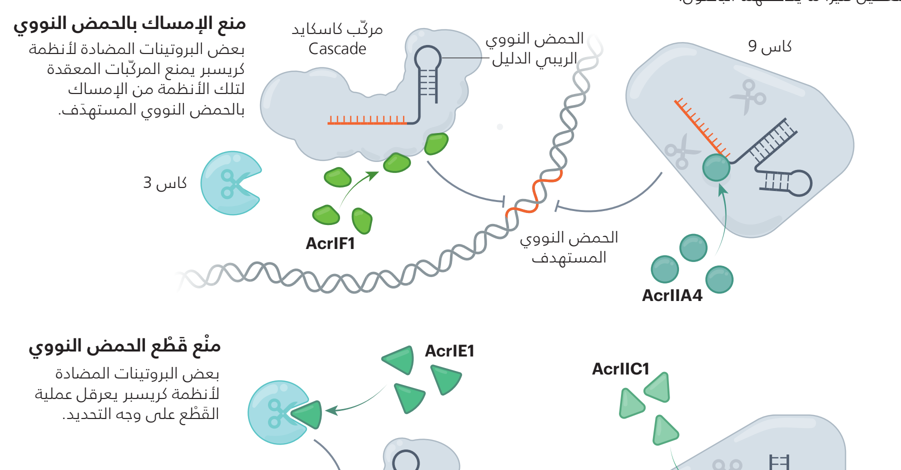
وقد توفر «مضادات كريسبر» شبكة أمانٍ جزئية للوقاية من تلك الهجمات البيولوجية المحتملة، حسبما يقول جو شونيجر، عالِم الكيمياء الحيوية في مختبرات سانديا، الذي يضيف قائلًا: "يجب أن يكون لديك زر إغلاق للنظام".

ومعظم هذه التطبيقات ما زال افتراضيًّا. والورقة البحثية الوحيدة المنشورة، التي استخدم فيها باحثون البروتينات المضادة لأنظمة «كريسبر» لتثبيط نظام دفع جيني، تتعلق بتجربةٍ لإثبات الجدوى، أُجريت على الخميرة[11]. ومع ذلك.. فالفكرة تكتسب تأييدًا واسعًا في أوساط الباحثين، ومنهم أولئك الذين يأملون في وقْف انتشار الملاريا، عن طريق دفع جيناتٍ ضارة إلى الانتشار في أسرابٍ كاملة من البعوض.

ويقول أندريا كريسانتي -المتخصص في دراسة الطفيليات على المستوى الجزيئي بكلية لندن الإمبراطورية- إنَّه استخدم جينات مضادة لنظام «كريسبر»؛ لتعطيل نظام دفع جيني يهدف إلى إبادة البعوض. ونظام الدفع الجيني هذا، الذي يُعقِّم الإناث، يمكنه إبادة البعوض في المختبر خلال حوالي عشرة أجيال[12]، لكنْ في دراسةٍ لم تُنشَر بعد، أضاف فريق كريسانتي بعوضًا قادرًا على تعطيل نظام الدفع الجيني إلى مزيج البعوض في المختبر، وكان "بإمكان جينات هذا البعوض تعطيل نظام الدفع الجيني بنسبة 100%"، حسبما أوضح كريسانتي، الذي أضاف قائلًا: "بمقدورنا منع إبادة مجموعات البعوض".

مضادات كريسبر

هناك نوعان من أنظمة كريسبر لتعديل الحمض النووي، تناولتهما دراسات كثيرة. يَستخدم النوع الأول مركّب «كاسكايد» Cascade المعقد، وحمضًا نوويًّا ريبيًّا يعمل كدليل للإمساك بالحمض النووي المستهدَف، الذي يُقطَّع بعد ذلك باستخدام إنزيم «كاس 3». أما النوع الثاني، فيستخدم إنزيمًا واحدًا، مثل «كاس 9»، للإمساك بتسلسل الحمض النووي المستهدَف، وقَطْعه. وقد اكتشف الباحثون أكثر من 50 بروتينًا مضادًّا لأنظمة كريسبر (Acr)، تُعطِّل نشاط تعديل الحمض النووي بطرقٍ متنوعة. وفيما يلي، اثنتان من آليات التعطيل كثيرًا ما يلاحظهما الباحثون:



بوليصة تأمين

بينما يتطلع كريسانتي إلى تجربة استراتيجيته الخاصة بتعقيم إناث البعوض ميدانيًّا، فإنَّه يخطط لتحضير أقفاصٍ مليئة بمجموعات بعوض قادرة على تعطيل أنظمة الدفع الجيني، لاستخدامها فقط إذا لم تَسِر الأمور وفق استراتيجيته. ويقول عن ذلك: "يشبه الأمر شراء بوليصة تأمين"، لكنَّ الحاجة إلى احتواء أنظمة «كريسبر» تتجاوز أنظمة الدفع الجيني، حيث توضِّح رينيه ويجرزين، عالمة الأمن الحيوي في هيئة المشروعات البحثية المتطورة بوزارة الدفاع الأمريكية (DARPA) في مدينة أرلينجتون بولاية فرجينيا ذلك قائلة: "إذا حدث أثرٌ غير متوقع في تجربةٍ إكلينيكية، أو استُخدِمَ نظامٌ لتعديل الجينوم استخدامًا شاذًّا، فلن نعرف كيف يبدو ذلك الأمر، إلا بعد حدوثه بالفعل".

لهذا السبب.. أطلقت هيئة المشروعات البحثية المتطورة بوزارة الدفاع الأمريكية في عام 2017 برنامج «الجينات الآمنة» Safe Genes، وهي مبادرة مدّتها أربع سنوات، وتكلفتها 65 مليون دولار أمريكي، تهدف إلى مواجهة مخاطر تقنيات «كريسبر». وتتضمن تلك المبادرة اكتشاف مثبطاتٍ جديدة لجميع أنواع أنظمة «كريسبر-كاس»، ومضاداتٍ لأنظمة «كريسبر» تعمل بطرقٍ استثنائية ومفيدة. وجديرٌ بالذكر أنَّ بوندي دينومي، وشودري، وكريسانتي، ودودنا، وفريق مختبرات سانديا، جميعهم من بين متلقِّي هذا التمويل.

وبالإضافة إلى تطبيقات تلك الاستراتيجيات المضادة لأنظمة «كريسبر» في مجال التكنولوجيا الحيوية، فإنَّها تفتح آفاقًا جديدة للبحوث البحتة، إذ يقول شون لو، الباحث في التغيرات العصبية فوق الجينية بالمركز الطبي لجامعة كولومبيا في مدينة نيويورك: "لقد أصبحت إحدى أدواتنا المفضلة". ويدرس لو كيف يمكن لنظامٍ مُعدَّل من أنظمة «كريسبر-كاس 9» أن يغيِّر مستويات التعبير عن جينٍ معين، من خلال تعديلاتٍ فوق جينية، أي دون تغيير التسلسل الأساسي للحمض النووي. وقد ساعدته البروتينات المضادة لأنظمة «كريسبر» في توضيح المدة الزمنية التي دامت خلالها الآثار الناتجة[13].

ساعدت تلك البروتينات العلماء أيضًا في البحث عن سلالاتٍ طافرة من البكتيريا، يمكنها صدّ هجمات العاثيات بفعاليةٍ أكبر من السلالات العادية. ومن هؤلاء العلماء.. الفريق البحثي الذي يقوده سيلفان موانو، المتخصص في بيولوجيا العاثيات بجامعة لافال في مدينة كيبيك بكندا. ركَّز هذا الفريق على بكتيريا العقدية الحَرِّيَّة *Streptococcus thermophilus*، وهي ميكروب يُستخدَم في تصنيع الجبن، والزبادي[14].

ويدمج علماء آخرون «مضادات كريسبر» في أدواتٍ مثل المستشعرات الحيوية، التي يمكنها تتبُّع مدى نشاط أنظمة التعديل الجيني العلاجية داخل الخلايا، وكذلك استراتيجيات التحكم الجيني الضوئي، التي تتيح للباحثين تشغيل نظام الاستهداف الجينومي لبروتين «كاس 9» بسرعةٍ وسهولة بمجرد تصويب شعاعٍ ليزري.

ويعلِّق على تلك الأبحاث تشايس بايزل، المتخصص في الهندسة البيولوجية في معهد هيلمهولتز لأبحاث العدوى القائمة على الحمض النووي الريبي، الواقع في مدينة فرتزبرج بألمانيا، إذ يقول: "ما زال الكثير من تلك الأنظمة (نماذج أولية)، لكنَّ الفكرة موجودة على الأقل".

أسئلة مفتوحة

في الوقت الذي يستمر فيه متخصصو الهندسة البيولوجية في استكشاف «مضادات كريسبر»، وتسعى فيه شركاتٌ -مثل «أكريجين»- لدمج هذه المُثبطات في أنظمةٍ علاجية، بدأ أيضًا بعض علماء الأحياء الصِّدام مع مزيدٍ من الأسئلة الفلسفية حول تطور أنظمة «كريسبر-كاس» من الأساس. فعلى سبيل المثال.. يرى الباحث إدز فيسترا -الذي يدرس النظم الإيكولوجية لأنظمة «كريسبر» في جامعة إكستر بالمملكة المتحدة- أنَّه إذا كانت البكتيريا التي تمتلك أنظمة دفاعية سليمة من أنظمة «كريسبر» تنطوي عادةً على تسلسلات أحماضٍ أمينية مستمَدَّة من العاثيات، وخاصة بالمُثبطات التي تبطل مفعول هذا النظام المناعي، فإنَّه "من الواضح أنَّ أنظمة كريسبر لا تؤدي دورها الدفاعي في عديدٍ من تلك الحالات". ومع ذلك، يبدو أنَّ الانتقاء الطبيعي يحافظ على وجود تلك الأنظمة في حالةٍ جيدة، ل تظل قادرةً على العمل. لذا.. يتساءل فيسترا: "ما هو دور أنظمة كريسبر، باستثناء توفير التمويل للشركات الناشئة في مجال التكنولوجيا الحيوية؟".

تشير دراسات إلى استخدام البكتيريا لأنظمة «كريسبر-كاس» في تكوين أغشيةٍ حيوية، وإصلاح الحمض النووي، وإجراء عمليات تعديل أخرى تتعلق بتعزيز قدرتها على الإمراض. ومن المحتمل أنَّه بمجرد أن تتمكن «مضادات كريسبر» من تجريد إنزيمات «كاس» من قدراتها على قَطْع الحمض النووي، فإنَّ البكتيريا ستكون قد أعادت توظيف أنظمة التعديل الجيني في استخداماتٍ أخرى، حسبما تقول ماكسويل، عالمة البيولوجيا المجهرية بجامعة تورنتو.

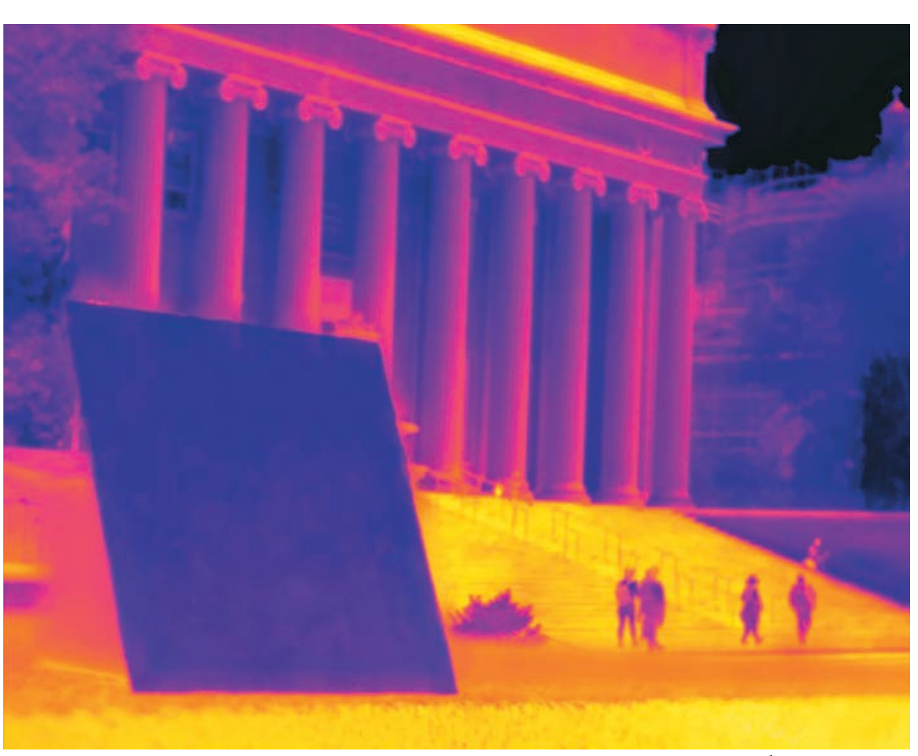
إنّ هذه الأسئلة المُقلِقَة لن توقف المسيرة العازمة على تطبيق أنظمة «كريسبر» للتعديل الجيني في علاج البشر، ومكافحة الآفات، وغيرها. وبالنسبة إلى كثيرين.. هذا هو ما يجعل «مضادات كريسبر» مهمةً للغاية.

تقول دودنا: "لا بد لنا أن نتجه نحو التحكم التام في أنظمة التعديل الجيني هذه، حتى نتأكد من تنفيذ التعديلات التي نريدها فقط". وتضيف أنه مثلما بدأت أنظمة «كريسبر-كاس» التي دشنت ثورةً في مجال التكنولوجيا الحيوية ببضعة ملاحظاتٍ فضولية في أحد المختبرات، فكذلك كان اكتشاف المُثبِّطات، التي ربما تكون أداة تصحيح جيني نحتاجها بشدة.

إيلي دولجين صحفي علمي، يقيم في سومرفيل بولاية ماساتشوستس.

1. Bondy-Denomy, J., Pawluk, A., Maxwell, K. L. & Davidson, A. R. *Nature* **493**, 429–432 (2013).
2. Pawluk, A. *et al. Cell* **167**, 1829–1838.e9 (2016).
3. Rauch, B. J. *et al. Cell* **168**, 150–158.e10 (2017).
4. Dong, D. *et al. Nature* **546**, 436–439 (2017).
5. Shin, J. *et al. Sci. Adv.* **3**, e1701620 (2017).
6. Hoffmann, M. D. *et al. Nucleic Acids Res.* **47**, e75 (2019).
7. Hirosawa, M., Fujita, Y. & Saito, H. *ACS Synth. Biol.* **8**, 1575–1582 (2019). 8. Lee, J. *et al. RNA* **25**, 1421–1431 (2019).
9. Maji, B. *et al. Cell* **177**, 1067–1079.e19 (2019).
10. Barkau, C. L., O'Reilly, D., Rohilla, K. J., Damha, M. J. & Gagnon, K. T. *Nucleic Acid Ther.* **29**, 136–147 (2019).
11. Basgall, E. M. *et al. Microbiology* **164**, 464–474 (2019).
12. Kyrou, K., Hammond, A., Galizi, R. *et al. Nature Biotechnol.* **36**, 1062–1066 (2018).
13. Liu, X. S. *et al. Cell* **172**, 979–992.e6 (2018).
14. Labrie, S. J. *et al. Sci. Rep.* **9**, 13816 (2019).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



JYOTIRMOY MANDAL

صورة حرارية للوحٍ مُغطًّى بطبقة من مادة «فائقة البرودة» خارج جامعة كولومبيا في مدينة نيويورك.

مواد فائقة البرودة تبعث بالحرارة للفضاء

من الممكن تصميم الدهانات والمواد البلاستيكية، وحتى الأخشاب، بحيث تحتفظ ببرودتها تحت ضوء الشمس المباشر، لكنَّ الغموض ما زال يكتنف دور تلك المواد في حل محلّ مكيّفات الهواء المستهلِكة للطاقة. **بقلم شياوجي ليم**

حين كُلِّف رجل الأعمال هاورد بيسلا بإنقاذ متجرٍ محلي من الإفلاس، كانت مسألة تحقيق الكفاءة في استهلاك الطاقة ضمن أول اهتماماته؛ فتواصَل في شهر يونيو من عام 2018 مع الشركة التي توفر له خدمات الكهرباء في مدينة ساكرامنتو بولاية كاليفورنيا، وذلك بغرض تجديد المصابيح، لكنَّ الشركة اقترحت عليه فكرةً أخرى، وهي أن تتولى تركيب نظام تبريد تجريبي له، يتكون من ألواح يمكنها أن تظل أبرد من محيطها، دون استهلاك الطاقة، حتى تحت أشعة الشمس الحارقة.

وتستقر حاليًّا على سقف المتجر هذه الألواح المُدعَّمة من أسفل بمادة الألومنيوم، التي تتسم بسطوح عاكسة مغطاة بغشاء تبريد رقيق، وموجهة نحو السماء. وتُبرِّد هذه الألواح سائلًا يجري في الأنابيب الموجودة أسفلها، التي تمتد داخل المتجر، وقد أسهمت مع المصابيح الجديدة في خفض قيمة فواتير الكهرباء بحوالي 15%. وعنها يقول بيسلا: "لم تكن تسخن حتى في الأيام الحارة".

طُوِّرَت هذه الألواح بناءً على اكتشافٍ تَحقَّق في جامعة ستانفورد بولاية كاليفورنيا. ففي عام 2014، أعلن باحثون في الجامعة أنَّهم ابتكروا مادةً تظل أبرد من محيطها في ضوء الشمس المباشر[1]، ثم أَسَّس عضوان من هذا الفريق البحثي -هما: شانهوي فان، وأسواث رامان- مع زميلهما إيلاي جولدستاين شركةً ناشئة، تُعرف باسم «سكاي كول سيستمز» SkyCool Systems، وصنَّعوا تلك الألواح التي استخدمها بيسلا. ومنذ ذلك الحين، تمكنوا وغيرهم من الباحثين من تطوير مجموعةٍ كبيرة من المواد التي تحتفظ ببرودتها في الأجواء الحارة، تتضمن أغشيةً، وطلاءات قابلة للرش، وأخشابًا مُعالَجة.

ويَعتمد جميع هذه المواد على تعزيز تأثيرٍ طبيعي للإشعاع الحراري، يُعرف باسم «التبريد الإشعاعي السلبي».. فكل شخص، وكل بناية، بل كل كائن على كوكب الأرض تنبعث منه حرارة، لكنَّ الغلاف الجوي المحيط بالكوكب، الذي يشبه الغطاء، يمتص معظم هذه الحرارة، ويشعّها باتجاه الأرض مرةً أخرى. هذا باستثناء الأشعة تحت الحمراء التي تتراوح أطوالها الموجية بين 8، و13 ميكرومترًا، فهذه لا يمتصها الغلاف الجوي، وتغادر الأرض لتنفذ إلى الفضاء الخارجي البارد. ومنذ الستينيات، سعى العلماء لتسخير هذه الظاهرة في تطبيقاتٍ عملية، لكنَّ تأثير التبريد الإشعاعي السلبي لا يلاحَظ سوى في الليل، ففي النهار تغمرنا أشعة الشمس بطاقةٍ حرارية أكبر بكثير مما يمكننا إرساله إلى الفضاء.

أمَّا هذه المواد الجديدة، فتعكس طيفًا واسعًا من الضوء، كما تفعل المرايا أو الطلاء الأبيض تمامًا. وفيما يتعلق بذلك الجزء الحيوي من طيف الأشعة تحت الحمراء، الذي تتراوح أطواله الموجية بين 8، و13 ميكرومترًا، فتمتص تلك المواد معظم الإشعاع، ثم تبعثه خارجها. وعندما تُوجَّه تلك المواد إلى السماء، تستطيع الأشعة تحت الحمراء اختراق الغلاف الجوي مباشرةً، والاتجاه إلى الفضاء. ومن ثم، يربط هذا التأثير -من الناحية الفعلية- تلك المواد بحوضٍ دائم لتصريف الحرارة، بحيث يمكنها أن تفرِّغ فيه الحرارة باستمرار، دون أن تعود إليها الحرارة مرةً أخرى. ونتيجةً لذلك.. تستطيع هذه المواد أن تشع قدرًا كافيًا من الحرارة، بحيث تظل درجة حرارتها أقل من الهواء المحيط بعدة درجات. وتشير الأبحاث إلى أنَّ الفروق في درجات الحرارة بينها وبين الهواء المحيط قد تتجاوز 10 درجات مئوية في الأماكن الحارة الجافة[2،3]. وقد أطلق عليها ديفيد سايلور -مدير مركز أبحاث المناخ الحضري بجامعة ولاية أريزونا في مدينة تمبي- اسم «المواد فائقة البرودة».

ويرى أنصار هذه المواد أنَّ فوائدها المحتملة لا تقتصر على خفض فواتير الكهرباء، بل قد تشمل أيضًا الحد من الزيادة الكبيرة المفاجِئة في الطلب على أجهزة التبريد وأجهزة تكييف الهواء المستهلِكة للطاقة، في ظل الارتفاع المستمر لدرجات الحرارة في العالم. وفي هذا الصدد، يقول ماتيوس سانتاموريس، الأستاذ بجامعة نيو ساوث ويلز في مدينة سيدني بأستراليا، الذي يعمل أيضًا على تحسين هذه المواد: "أعتقد أنه في غضون أربع إلى خمس سنوات، ستصبح أنظمة التبريد الإشعاعي التي يمكن استخدامها خلال النهار التقنية الأولى في تبريد المباني، فهي أجهزة تكييف الهواء المستقبلية".

رأى بعض الباحثين أيضًا أنَّ تلك المواد يمكن اعتبارها جزءًا من استراتيجيةٍ لهندسة المناخ، لمساعدة كوكب الأرض على التخلص من الحرارة، بغرض مجابهة ارتفاع درجات الحرارة حول العالم. وفي هذا الشأن، يتساءل جيريمي مونداي -عالِم الفيزياء في جامعة كاليفورنيا بمدينة ديفيس- قائلًا: "بدلًا من محاولة صدّ الحرارة القادمة من الشمس، هل يمكننا أن نجعل الأرض تشع قدرًا أكبر منها؟".

هناك علماء كثيرون تساورهم تحفّظات تجاه هذه الأفكار.. فحتى الوقت الراهن، تستند التقديرات النظرية لمقدار الطاقة الكهربائية التي يمكن لتلك المواد توفيرها

إلى بياناتٍ مستمَدّة من عيناتٍ صغيرة، خضعت للاختبار على مدى فتراتٍ زمنية قصيرة. هذا.. بالإضافة إلى أنَّ هناك شكوكًا حول قدرة هذه المواد على أداء وظيفتها في مجموعةٍ كبيرة متنوعة من المناخات والأماكن. فتأثير هذه المواد المُبرِّد يحقق أفضل نتيجةٍ ممكنة في المناطق ذات المناخات الجافة والسماوات الصافية، أما حين يكون الجو غائما أو رطبًا، فإنَّ بخار الماء يمنع الأشعة تحت الحمراء من النفاذ. وقد لا تصمد المواد فائقة البرودة في جميع الظروف الجوية، وقد لا تناسب جميع المباني.

وما زال مجهولًا أيضًا تَقبُّل المستهلكين لهذه الفكرة مِن عدمه. ويُعلِّق سايلور على تلك المسألة قائلًا إنَّ حتى فكرة تغيير السطوح البالية، وعمل سطوح بيضاء عاكسة بدلًا منها لتبريد المنازل –وهذا إجراء بسيط– لم تحظَ بقبولٍ كبير في أوساط مالكي المنازل. ومع ذلك.. تشير نماذجه إلى أنَّ استخدام الطلاءات فائقة البرودة قد يضاعف مقدار التوفير في الطاقة، مقارنةً بالسقوف البيضاء. ويقول عن ذلك: "قد يكون لهذا تأثيرٌ كبير".

التغلب على حرارة الشمس

في عام 2012، عثر رامان –الذي كان يعمل آنذاك على إتمام دراسة الدكتوراة مع فان حول تطوير مواد قادرة على تجميع طاقة الشمس– بالصدفة على دراساتٍ قديمة عن تأثير التبريد الإشعاعي السلبي، الذي لم يسبق له أن سمع به. ولعلمه أنَّ كيفية استخدام ذلك التأثير تحت أشعة الشمس المباشرة لم تُكتَشف بعد، عكف على دراسة خواص التفاعل مع الضوء، التي ينبغي توفُّرها في أي مادة لتتغلب على حرارة الشمس. وتبيَّن له أنَّ المواد ينبغي أن تعكس أشعة طيف ضوء الشمس، التي تتراوح أطوالها الموجية من 200 نانومتر إلى 2.5 ميكرومتر، وذلك بفعاليةٍ أكبر من الطلاء الأبيض، الذي يعكس بالفعل نسبةً تصل إلى 94% من تلك الأشعة. هذا، بالإضافة إلى أنَّها ينبغي أن تمتص وتبعث مقدارًا يقارب الحد الأقصى (100%) من الأشعة التي تتراوح أطوالها الموجية بين 8، و13 ميكرومترًا. (انظر شكل: «آلية الاحتفاظ بالبرودة»).

ورأى رامان وفان أنَّ كل ذلك يمكن تحقيقه عن طريق هندسة المواد على المستوى النانوي. فتصميم بِنَى المواد بحيث تكون أصغر من الأطوال الموجية لأشعة الضوء التي تمر عبرها يُفترَض فيه أنْ يعزز قدرتها على امتصاص الأشعة وإطلاقها عند أطوالٍ موجية معينة، ويكبح تلك القدرة عند أطوالٍ موجية أخرى.

وتوصَّل الفريق البحثي إلى فكرة حفر أشكال على سطوح المواد[4]، ونشر عنها ورقةً بحثية في عام 2013، ثم تقدَّم أعضاء الفريق بمقترحٍ إلى الوكالة الأمريكية للمشروعات البحثية المتقدمة في مجال الطاقة (ARPA-E)، للحصول على تمويلٍ لتصنيع تلك المواد.

ويتذكر هذا المقترح هاورد برانز، الذي كان حينذاك يدير أحد برامج الوكالة في ولاية واشنطن، ويعمل حاليًّا استشاري تقنيات في مدينة بولدر بولاية كولورادو، قائلًا: "قلتُ لنفسي على الفور: مذهل، أودّ حقًّا أن أرى مَن ينفِّذ بالفعل تلك الفكرة". وأضاف: "ظاهرة التبريد الإشعاعي تشع قدرًا كبيرًا من الحرارة أثناء الليل، لكنَّ تحقيقها تحت أشعة الشمس في ذروتها خلال النهار يُعَد مذهلًا للغاية".

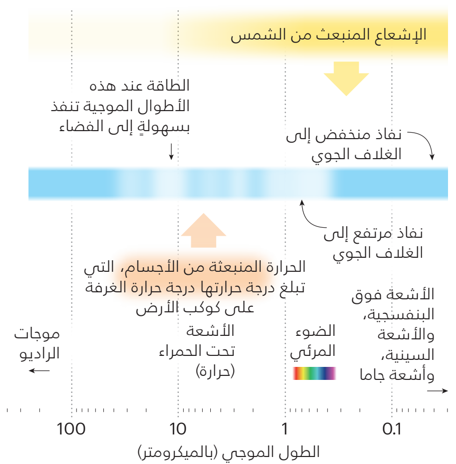
من هنا، منح برانز الباحثين 400 ألف دولار أمريكي، وأمهلهم سنةً لتنفيذ الفكرة. ونظرًا إلى ضيق الوقت، قرر فريق جامعة ستانفورد تبسيط التصميم، وتجربة صف المواد في طبقاتٍ باتباع طرق معروفة أكثر. ولتطوير مادةٍ عاكسة بدرجة كبيرة، وضع الباحثون بالتناوب أربع طبقاتٍ رقيقة من موادٍ تكسر الضوء بزاوية انكسار كبيرة (ثاني أكسيد الهافنيوم)، وأخرى تكسر الضوء بزاوية انكسار صغيرة (مثل ثاني أكسيد السيليكون، أو الزجاج)، وهي فكرة تُستخدم كثيرًا في هندسة البصريات،

آلية الاحتفاظ بالبرودة

تظل المواد فائقة البرودة أبرد من محيطها، حتى في ضوء الشمس المباشر، وذلك ببث الحرارة التي يمكنها النفاذ عبر الغلاف الجوي إلى الفضاء.

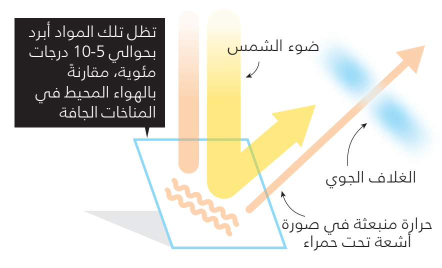
نفاذ الغلاف الجوي

يمتص الغلاف الجوي للأرض الشبيه بالغطاء معظم الأشعة تحت الحمراء بأطوالها الموجية المختلفة، لكنَّه يسمح بنفاذ الأشعة تحت الحمراء ذات الأطوال الموجية، التي تتراوح بين 8، و13 ميكرومترًا.



الانعكاس والإشعاع

تتسم المواد فائقة البرودة بقدرة عالية على عكس الأشعة الساقطة عليها (أكثر حتى من الطلاء الأبيض). ولذلك.. فهي لا تتأثر نسبيًّا بضوء الشمس، كما أنَّها تمتص الأشعة ذات الأطوال الموجية التي تتراوح بين 8، و13 ميكرومترًا، ثم تشعها إلى الفضاء.



تكتسب جدواها من الكيفية التي تتداخل بها موجات الضوء أثناء مرورها عبر طبقاتٍ مختلفة. واستخدم الباحثون المبدأ نفسه لتضخيم انبعاثات الأشعة تحت الحمراء، بوضع ثلاث طبقاتٍ أكثر سمكًا من المواد نفسها بأعلى.

وحين اختبروا موادّهم في الأماكن المفتوحة[1]، ظلت أبرد بحوالي 5 درجات مئوية، مقارنةً بدرجة حرارة الهواء المحيط، حتى تحت أشعة شمسٍ مباشرة بلغت شدتها حوالي 850 وات لكل متر مربع (في أي يومٍ صافٍ مشرق، تصل شدة أشعة الشمس المباشرة الساقطة عموديًّا عند مستوى سطح البحر إلى نحو ألف وات لكل متر مربع).

وبعد هذا النجاح، موَّلت الوكالة الأمريكية للمشروعات البحثية المتقدمة في مجال الطاقة مقترحاتٍ أخرى لتطوير مواد فائقة البرودة، من بينها فكرةٌ طرحها الباحثان شياوبو يِن، ورونجوي يانج -من جامعة كولورادو بولدر- اللذان أرادا تصنيع تلك المواد على نطاقٍ واسع. ووقع اختيارهما على البلاستيك والزجاج الرخيصين. فالكرات الزجاجية ذات الحجم المناسب، أي التي يبلغ قطرها بضع ميكرومترات، تشع بقوة أشعة الضوء الممتصة، التي تتراوح أطوالها الموجية بين 8، و13 ميكرومترًا. ووضع هذه الكرات في أغشيةٍ سُمْكها 50 ملِّيمترًا من مادة البولي ميثيل بنتين الشفافة –وهي مادة بلاستيكية تُستخدم في بعض معدات المختبرات، وأدوات الطهي– وتدعيمها بالفضة العاكسة كان كافيًا لإنتاج مادةٍ فائقة البرودة[5]. والأهم من ذلك.. تمكَّن الباحثون من تصنيع هذه الأغشية بتقنية البكرات المتقابلة، التي تُنتِج 5 أمتار من الأغشية في الدقيقة الواحدة.

واتضح أنَّ مواد كثيرة تُظهر تأثير التبريد الفائق إذا صُممت بِنْيَتها على النحو الصحيح، وليس فقط المواد ذات الخواص الغريبة أو الفريدة. ففي عام 2018، أعلن باحثون من جامعة كولومبيا في مدينة نيويورك، ومعهم آخرون من مختبر أرجون الوطني في مدينة ليمونت بولاية إلينوي، عن نجاحهم في تطوير طلاءٍ فائق البرودة، يتكون من دهانٍ بوليمري قابل للرش[6]. فهناك بوليمرات كثيرة قادرة بطبيعتها على إطلاق الأشعة تحت الحمراء، التي تتراوح أطوالها الموجية بين 8، و13 ميكرومترًا، لأنَّ روابطها الكيميائية – مثل تلك الموجودة بين ذرات الكربون وبعضها، أو بين ذرات الكربون والفلور– تُطلِق حِزَمًا من الأشعة تحت الحمراء حين تتمدد وترتخي، وذلك حسبما أوضح عضو الفريق يوان يانج. وكانت الفكرة هنا هي تعزيز قدرة البوليمرات على عكس ضوء الشمس.

من هنا، عكف يوتيرموي ماندال –وهو من طلاب يانج، ويعمل حاليًّا باحثًا في مرحلة دراسات ما بعد الدكتوراة بمختبر رامان في جامعة كاليفورنيا بمدينة لوس أنجيليس– على إذابة مواد بوليمرية أولية، مضافة إليها ذرات فلور في سائل الأسيتون مع كميةٍ صغيرة من الماء. وهذا المزيج يمكن رشه على السطوح، لتغطيتها بطبقةٍ بوليمرية مستوية، تنتشر خلالها قطرات ماء صغيرة، فيجفّ الأسيتون المتطاير أولًا، ثم تعقبه قطرات الماء، مُخلِّفةً وراءها مسام تمتلئ بالهواء. ويقول يانج إنَّ المحصلة النهائية تصبح طلاءً أبيض داخله مسام تعكس ضوء الشمس.

وفي شهر مايو الماضي، أعلن فريق جامعة كولورادو تطوير مادةٍ أخرى، وهي خشب تبريد، طَوَّره الفريق بالتعاون مع ليانجبينج هو، وتيان لي من جامعة ميريلاند في مدينة كوليدج بارك. وحسب ما قاله لي، فالخشب مثله مثل البوليمرات تمامًا، يحتوي على روابط كيميائية تشع النوع المطلوب من الأشعة تحت الحمراء. ويمكن تحقيق تبريد عام به عن طريق الإزالة الكيميائية لمكوِّن صلب يُسمَّى «اللجنين»، حتى يتحول الخشب إلى مادةٍ عاكسة، بالإضافة إلى ضغط المنتج؛ للمحاذاة بين ألياف السليلوز داخل الخشب، وتضخيم انبعاثات الأشعة تحت الحمراء[7].

وطوَّر العلماء أيضًا أغشيةً رقيقة فائقة البرودة من مادة «ثنائي ميثيل بولي سيلوكسان»، تُعرف اختصارًا باسم (PDMS)، -وهي مادة سيليكونية موجودة في منتجاتٍ مثل المُزلقات، وبلسم الشعر، ولعبة المعجون السيليكوني المائع- برشّها على مادة مبطنة عاكسة. وتَحَقَّق اكتشافٌ آخر في وقتٍ قريب للغاية، ففي شهر أغسطس الماضي، اكتشف زونجفو يو -من جامعة ويسكونسن ماديسون- وتشياو تشيانج جان -من جامعة ولاية نيويورك في مدينة بافالو- أنَّه عند تغطية غشاءٍ من الألومنيوم برشِّه بطبقةٍ سُمْكها 100 ميكرومتر من مادة «ثنائي ميثيل بولي سيلوكسان»، ووَضْعه في ساحة انتظار السيارات بإحدى الجامعات في منتصف اليوم[2]، ظل الغشاء أبرد من الهواء المحيط بإحدى عشرة درجة مئوية.

الاحتفاظ بالبرودة

حصلت هذه الفِرَق البحثية جميعها تقريبًا على براءاتٍ لاختراعاتها، وتسعى في الوقت الحالي لتسويقها. فعلى سبيل المثال.. يعمل جان مع شركاءٍ في قطاع الصناعة، رفض ذكر أسمائهم، وذلك لتحويل غشاء الألومنيوم المغطى بمادة «ثنائي ميثيل بولي سيلوكسان» إلى سلعةٍ تجارية. ومنحت جامعة كولومبيا حق تطوير طلائها فائق البرودة لشركة «ميتا آر إي» MetaRE الناشئة في نيويورك، التي أسسها ماندال ونانفانج يو، الباحث بجامعة كولومبيا، الذي تعاوَن مع يانج. وحسب ما أدلت به أبريل تيان، المديرة التنفيذية للشركة، فإنَّ «ميتا آر إي» تتعاون أيضًا

كهرباء بالليل، ومياه بالنهار

المواد فائقة البرودة لها فوائد إضافية

يمكن الاستفادة من المواد التي تُفرِّغ الحرارة من الأرض إلى الفضاء في تطبيقاتٍ غير متوقعة، منها -على سبيل المثال- تسهيل استخلاص المياه من الغلاف الجوي أثناء النهار. ففي الليل يتكثف بخار الماء، متحولًا إلى ندى على السطوح التي تشع حرارتها باتجاه سماء الليل الصافية، وهو تأثيرٌ سخره البشر لقرون؛ لاستخلاص المياه. وقد توصَّل زونجفو يو -من جامعة ويسكونسن ماديسون- وتشياو تشيانج جان -من جامعة ولاية نيويورك بمدينة بافالو- إلى أنَّ تغطية غشاءٍ من الألومنيوم بمادة «ثنائي ميثيل بولي سيلوكسان» لا تبقيه باردًا فحسب، بل تعزِّز أيضًا تكثُّف بخار الماء عليه خلال النهار[12]. ومِن هنا، أنشأ الباحثان شركة «صني كلين ووتر» Sunny Clean Water في مدينة بافالو، لتحويل هذا الجهاز إلى سلعةٍ تجارية.

يمكن أيضًا استخدام فرق درجات الحرارة بين المادة فائقة البرودة ومحيطها في توليد الكهرباء بالليل، على عكس الألواح الشمسية التي لا تعمل سوى خلال النهار. ففي شهر سبتمبر الماضي، تمكَّن كلٌّ من أسواث رامان، وشانهوي فان، ووي لي -من جامعة ستانفورد بولاية كاليفورنيا- من إنتاج تيارٍ كهربائي ضعيف متقطع من هذا الجهاز الليلي[13]، تقع شدته في نطاق الملِّي وات لكل متر مربع. وهذا يدل على إمكانية توفير قدرٍ من الكهرباء خلال الليل يكفي -على الأقل- لتشغيل مصباح صغير من المصابيح ذات الصمام الثنائي الباعث للضوء (LED). ويرى هاورد برانز -وهو استشاري تقنيات في مدينة بولدر في ولاية كولورادو- أنَّ هذا دليلٌ مثير للاهتمام على جدوى الفكرة، لكنَّ الكهرباء الناتجة من الألواح الشمسية يمكن تخزينها في بطارياتٍ؛ لتوليد تياراتٍ كهربية أشد. ولذلك.. لم يتضح بعد ما إذا كانت تلك الفكرة ستحقق نفعًا، أم لا.

مع قطاع الصناعة؛ لتطوير الطلاء؛ بغرض استخدامه لتغطية السقوف، ووسائل النقل المُبرَّدة، والمخازن، وفي بعض تطبيقات صناعة النسيج. وتضيف تيان أنّ المنتَج سيكون "منافسًا شرسًا" لأنواع الطلاء التقليدية.

وسلطت شركاتٌ ناشئة أخرى الضوءَ على مقدار الكهرباء الذي يمكن أن توفره منتجاتها. فعلى سبيل المثال.. طوَّر فان ورامان نظام ألواح شركة «سكاي كول سيستمز» الحصري. وتوقعا في عام 2017 أنَّ النظام يمكنه خفض مقدار الكهرباء التي يستهلكها المبنى في عملية التبريد بنسبة 21% أثناء فصل الصيف في مدينة لاس فيجاس الحارة والجافة بولاية نيفادا[8]. ويقول رامان إنَّ الألواح بإمكانها توفير تكاليفها كاملةً خلال فترة تتراوح من ثلاث إلى خمس سنوات. وأسس يِن ورونجوي يانج شركةً في مدينة بولدر، أطلقا عليها اسم «رادي كول» Radi-Cool، وذلك لتحويل البلاستيك المُطعَّم بالزجاج إلى سلعةٍ تجارية. وأفادا في شهر يناير من عام 2019 بأنَّ هذه المادة قد تقلل من استهلاك الكهرباء في عمليات التبريد في الصيف بنسبة تتراوح من 32 إلى 45%، في حال استخدامها مع مبردات المياه في المباني التجارية بمدينة فينيكس في ولاية أريزونا، ومدينة ميامي في ولاية فلوريدا، ومدينة هيوستن في ولاية تكساس[9]. أمَّا ليانجبنج هو، فمنح حق تصنيع الخشب فائق البرودة لشركةٍ في مدينة ميريلاند، شارك في تأسيسها، تُعرف باسم «إنفنت وود» InventWood، ويتوقع أنْ توفِّر هذه المادة من 20 إلى 35% من الطاقة المستهلكة لأغراض التبريد في 16 مدينة أمريكية[7].

وتحذِّر ديانا أورجه فورساتز -عالمة البيئة بالجامعة الأوروبية المركزية في بودابست، المتخصصة في الحد من آثار التغير المناخي- من كون هذه التقديرات مستنِدة إلى تجارب ونماذج محدودة للغاية، وبالتالي لا يمكن تعميمها على مبانٍ كاملة في المدن. كما لفت يِن إلى أنّ المقدار الحقيقي لما ستوفره المواد فائقة البرودة من طاقة، والسرعة التي ستوفر بها تكاليفها كافة، يتوقفان على هيكل المبنى، وموقعه، وظروف الطقس.

والموقع هو أكبر تلك العقبات. وعن هذا.. يقول جيمس كلاوسنر، وهو مهندس ميكانيكا في جامعة ولاية ميشيجان بمدينة إيست لانسنج، وعمل مديرًا لبرامج في الوكالة الأمريكية للمشروعات البحثية المتقدمة في مجال الطاقة بعد رحيل برانز، وموَّل بعض المقترحات في مجال المواد فائقة البرودة: "هناك مناطق جغرافية معينة لن تُجدِي فيها هذه المواد نفعًا، لأنَّ جَوّها ليس جافًّا بما فيه الكفاية"، لكنَّه أضاف أنَّ هذا لا يعني صرف النظر تمامًا عن استخدام تلك المواد، لأنَّ المناطق التي يتحقق فيها تأثير التبريد بشكل جيد هي مناطق قاحلة، مثل جنوب غرب الولايات المتحدة، أو الشرق الأوسط، وهي مناطق يرتفع فيها الطلب على أجهزة تكييف الهواء.

ويكمن تحدٍّ آخر في أنَّ أنظمة التبريد الإشعاعي قد تزيد من تكاليف التدفئة في فصل الشتاء. ولحل هذه المشكلة، يحاول سانتاموريس وضْع طبقةٍ سائلة أعلى المواد فائقة البرودة، تتجمد حين تنخفض درجة الحرارة بقدرٍ كافٍ. وفور أن يتجمد السائل، لن يستطيع الإشعاع الإفلات إلى الفضاء، وبالتالي يتوقف تأثير التبريد. وفي شهر أكتوبر الماضي، أعلن ماندال ويانج أنَّهما قد توصلا إلى طريقةٍ أخرى لإيقاف فرط التبريد[10]، وهي ملء مسام الدهان البوليمري بمادة الأيزوبروبانول، إذ يبدأ حينها الدهان بحبس الحرارة، بدلًا من بثها إلى الفضاء. ويمكن عكس ذلك التأثير عن طريق نفخ الهواء داخل المسام؛ لتجفيفها.

وهناك مشكلةٌ أخرى، وهي أنَّ هذه المواد لا تحقِّق تأثير التبريد الفائق إلا إذا استطاعت بث إشعاعاتها مباشرةً إلى حوض التصريف الحراري البارد في الفضاء الخارجي. وفي المناطق الحضرية، قد تعوق المباني والأشخاص والأجسام الأخرى تلك العملية، وتمتص الحرارة، وتعيد بثّها. وجديرٌ بالذكر أنَّ أفضل المواد أداءً تبدد الحرارة حاليًّا بنسبة تبلغ حوالي 100 وات لكل متر مربع. ويأمل جان ويو في مضاعفة هذه النسبة، عن طريق وضع الأغشية التي ابتكروها عموديًّا على سقوف المباني، بحيث يمكن للانبعاثات النفاذ من كلا سطحَي الغشاء، بيد أنَّ هذا سيتطلب إحاطة الأغشية بمواد يمكنها عكس الانبعاثات جهة السماء.

ويدرس الباحثون طرقًا أخرى لزيادة قدرة المواد على التبريد. ففي شهر أكتوبر الماضي، أفادت الباحثة إيفلين وانج -من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في مدينة كامبريدج- وزملاؤها بأنَّ تغطية غشاء تبريدٍ إشعاعي بهلامٍ غازي خفيف عازل قد جعل المبنى أبرد من محيطه بثلاث عشرة درجة مئوية، وذلك في وقت الظهيرة بصحراء أتاكاما الجافة في تشيلي، مقارنةً بفارقٍ بلغ 1.7 درجة مئوية فقط في حال عدم استخدام الهلام الغازي[3]. وترى إيفلين أنَّ فكرة الهلام الغازي يمكن استخدامها مع مواد أخرى فائقة البرودة.

إنّ أحلام استخدام المواد فائقة البرودة في هندسة المناخ للحدّ من الاحتباس الحراري تبدو بعيدة المنال، ومستبعَد تحقيقها من المنظور العملي. ففي شهر سبتمبر الماضي، أجرى مونداي حساباتٍ تقريبية؛ للإشارة إلى أنَّه من الممكن خفض درجات الحرارة الحالية الآخِذة في الارتفاع، عن طريق تغطية نسبة تتراوح من 1 إلى 2% من سطح الأرض بالمواد المطوَّرة حاليًّا، التي تولد قوة تبريد تصل إلى حوالي 100 وات لكل متر مربع أثناء النهار[11]، لكنَّ مارك لورانس -عالِم المناخ بمعهد دراسات الاستدامة المتقدمة في مدينة بوتسدام الألمانية- يعتقد أنَّه من المستحيل لتلك التقنية الناشئة أن تحقق ذلك الانتشار بالسرعة الكافية، لتصبح مفيدةً في مواجهة أزمة المناخ، فحتى الألواح الشمسية لم تصل بعد إلى هذا المستوى من الانتشار، رغم مرور عشرات السنين على تطويرها. وكما هو الحال مع أيّ مقترَحٍ من مقترحات هندسة المناخ، يُقِرّ مونداي باحتمالية الخروج بنتائج غير مقصودة لاستخدام تلك التقنية، تتعلق بإحداث اضطرابٍ في أنماط تَساقُط الأمطار، والمناخات المحلية، وهو ما تتفق أورجه فورساتز على كونه مشكلةً محتمَلة قد تَنْتُج عن استخدام تلك المواد.

ومع ذلك.. يرى رامان أنَّ تأثير التبريد الإشعاعي السلبي ربما تكون له فوائد عديدة (انظر: «كهرباء بالليل، ومياه بالنهار»). فقد يساعد مثلًا في منع تدني كفاءة الألواح الشمسية مع ارتفاع درجات الحرارة. ويضيف يِن قائلًا إنه بينما تُنتِج جميع عمليات توليد الكهرباء وتحويلها حرارةً مهدرة، حتى إنْ كانت تَعتمِد على الطاقة المتجددة، بدلًا من الوقود الأحفوري، فإنَّ هذه المواد "هي التكنولوجيا الوحيدة التي تستفيد من كل هذه الحرارة المهدَرة، وتُفرِّغها في الفضاء".

شياوجي ليم كاتبة حرة، مقيمة في مدينة ناتيك بولاية ماساتشوستس.



AASWATH PATTABHI RAMAN

ألواح فائقة البرودة على سقف متجر في مدينة ساكرامنتو بولاية كاليفورنيا.

1. Raman, A. P., Anoma, M. A., Zhu, L., Rephaeli, E. & Fan, S. *Nature* **515**, 540–544 (2014).
2. Zhou, L. *et al. Nature Sustain.* **2**, 718–724 (2019).
3. Leroy, A. *et al. Sci. Adv.* **5**, eaat9480 (2019).
4. Rephaeli, E., Raman, A. & Fan, S. *Nano Lett.* **13**, 1457–1461 (2013).
5. Zhai, Y. *et al. Science* **355**, 1062–1066 (2017).
6. Mandal, J. *et al. Science* **362**, 315–319 (2018).
7. Li, T. *et al. Science* **364**, 760–763 (2019).
8. Goldstein, E. A., Raman, A. P. & Fan, S. *Nature Energy* **2**, 17143 (2017).
9. Zhao, D. *et al. Joule* **3**, 111–123 (2019).
10. Mandal, J. *et al. Joule* https://doi.org/10.1016/j.joule.2019.09.016 (2019).
11. Munday, J. N. *Joule* **3**, 2057–2060 (2019).
12. Zhou, M. *et al.* Preprint at https://arxiv.org/abs/1804.10736 (2018).
13. Raman, A. P., Li, W. & Fan, S. *Joule* **3**, 2679–2686 (2019).



تهدف شركة «54 جين» إلى بناء أكبر بنك حيوي في أفريقيا.

54GENE

مستقبل أبحاث الجينوم في أفريقيا

نيجيريا جاهزة لتصبح مركزًا للأبحاث الجينية، لكن يعترض طريقها بعض التحديات الصعبة. **بقلم إيمي ماكسمين**

في الأحياء الشاطئية الثرية بمدينة لاجوس النيجيرية، يجتمع رواد الأعمال في مجالي التكنولوجيا والقطاع المالي مع المستثمرين في المطاعم الراقية وحفلات افتتاح المعارض الفنية. وقد بدأ مجال التكنولوجيا الحيوية في الانضمام مؤخرًا إلى ذلك المشهد. فعلى مدى الأشهر الستة الماضية، جاب دول العالم الباحث عباسي إني أوبونج، البالغ من العمر 34 عامًا، في محاولةٍ لجذب المستثمرين والباحثين للمشاركة في مشروع شركةٍ تُسمَّى «54 جين» 54Gene. تهدف شركة الأبحاث الجينية هذه -التي يعكس اسمها عدد الدول الأفريقية الأربع والخمسين- إلى بناء أكبر بنكٍ حيوي في القارة، بدعمٍ من بعض شركات وادي السيليكون، مثل «واي كومبيناتور» Y Combinator، و«فيفتي ييرز» Fifty Years. وتمثلت الخطوة الأولى في هذا المشروع في دراسةٍ أُطلقت في وقتٍ سابق من فبراير الماضي، لتحديد تسلسل جينومات 100 ألف مواطن نيجيري، وتحليلها.

وبينما جلس إني أوبونج في مطعمٍ أفريقي عصري يقدم أطباقًا من بلدان مختلفة، راح يشرح كيف يمكن لشركته أن تجلب ما يُعرف بالطب الدقيق إلى نيجيريا، وأن تدرّ أرباحًا في الوقت ذاته. وأخذ يتحدث عن بعض المستثمرين والشركاء الجدد الذين لا يمكنه ذكر أسمائهم علانيةً، ثم أخرج هاتفه المحمول ليعرض صور عقارٍ اشتراه مؤخرًا؛ لتوسيع مساحة مختبر الشركة.

وقال عن شركته: "رؤيتي العامة هي أنه بإمكاننا أن نصبح سببًا في اكتشاف أدويةٍ جديدة، فأنا لا أريد أن أُجري أبحاثًا علمية لغرض البحث العلمي في حد ذاته، لكنْ أريد أن أجريها كي أحل المشكلات".

ما زال الوقت مبكرًا للغاية على الجَزْم بما إذا كان سينجح، أم لا، لكنَّ طموحاته لم يكن ليتخيلها أحد قبل عقدٍ من الزمن، حين كان أغلب الجامعات والمستشفيات في نيجيريا يفتقر حتى إلى أبسط الأدوات اللازمة لإجراء الأبحاث الجينية الحديثة. وبطموحاته هذه، فإنَّ إني أوبونج -المدير التنفيذي لشركة «54 جين»- يغتنم موجة من الاهتمام بأبحاث الجينوم في أفريقيا، ومن الاستثمار في هذه الأبحاث. وهي حركة أخذت تنتشر سريعًا في ربوع نيجيريا. ففي بلدةٍ ريفية غرب البلاد، يُشيِّد أحد علماء الأحياء الدقيقة مركزًا لأبحاث الجينوم بتكلفةٍ تبلغ 3.9 مليون دولار أمريكي. وفي العاصمة أبوجا، أخذ باحثون في تجديد المختبر المرجعي الوطني، لتحليل الحمض النووي المأخوذ من 200 ألف عينة دم مخزَّنة في بنكهم الحيوي الجديد. وهذه المشروعات، التي تدرس كل شيءٍ من مرض السكري إلى الكوليرا، تهدف إلى بناء قدرات البلاد، بحيث تستفيد القارة مما يترتب على الأبحاث الجينية المجراة على العينات الأفريقية، بما في ذلك ما ينتج من أبحاثٍ منشورة، وبراءات اختراع، ووظائف، وعلاجات.

وتثير هذه المشروعات اهتمام بقية دول العالم أيضًا، إذ يفوق التنوع الجيني بأفريقيا كل القارات الأخرى بكثير، لأنَّ البشر نشأوا فيها. وقد يوفر هذا التنوع رؤًى متعمقة حول تطور البشر، والأمراض الشائعة. ومع ذلك،، فإنَّ أقل من 2% من الجينومات التي حُلِّلَت حتى الآن مأخوذة من أفريقيين. هذا، بالإضافة إلى أنَّ ندرة أبحاث البيولوجيا الجزيئية التي تتناول القارة تعني أنَّ المنحدرين من أصولٍ أفريقية قد لا يستفيدون من العقاقير المصمَّمة لتناسِب تغيراتٍ جينية بعينها. ويوجد قصورٌ أيضًا في جهود رصد الأمراض المعدية، وهو ما يعني احتمالية عدم اكتشاف مسببات الأمراض الخطيرة، حتى وصول تفشيها إلى درجةٍ يصعب معها احتواؤها بسهولة.

إنّ ثورة الأبحاث الجينية في نيجيريا قد تتوقف في نهاية المطاف بالسرعة نفسها التي انطلقت بها، فرغم أنَّ البلاد تتمتع بأكبر اقتصادٍ في أفريقيا، فإن ميزانية البحث العلمي

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

فيها لا تتجاوز 0.2% من إجمالي الناتج المحلي (GDP). ولذلك يحتاج علماء الأحياء إلى الاعتماد على الاستثمارات الخاصة، أو على التمويل من خارج أفريقيا. وهذا يهدد استمرار مشروعاتهم. فمِن المقرر -على سبيل المثال- أن تنتهي خلال عامين واحدةٌ من كبرى المنح الأمريكية لعلماء الجينات النيجيريين، وهي المنحة التي توفرت عبر مشروع الوراثة البشرية والصحة في أفريقيا، المعروف اختصارًا باسم «إتش ثري أفريكا» H3Africa، لكنَّ التمويل ليس التحدي الوحيد، بل هناك تحدياتٌ أخرى.. فالأبحاث على البشر في أفريقيا تتطلب كثيرًا من التواصل، ولها اعتباراتٌ أخلاقية فريدة، نظرًا إلى الفروق الاقتصادية الواسعة، وسوابق استغلال موارد القارة، كما أن عدم إمكان التعويل على إمدادات الكهرباء في نيجيريا يعوق إجراء الأبحاث التي تعتمد على المُجمِّدات القادرة على التبريد إلى درجة حرارة دون الصفر، والمعدات الحساسة، والطاقة الحاسوبية.

ورغم هذا يمضي الباحثون قدمًا في مساعيهم بالنشاط الذي يشتهر به النيجيريون. ويأمل إني أوبونج أن يجري الأبحاث العلمية من خلال مشارَكات مع شركات الأدوية، في حين يتنافس علماء الجينات الآخرون على المِنَح، وبرامج التعاون الدولية، أو يتطلعون إلى الحصول على المال، مقابل تقديم خدمات التكنولوجيا الحيوية، التي توفرها عادةً مختبراتٌ من خارج أفريقيا. وفي شهر نوفمبر الماضي، دشَّن نايميكا إندودو -كبير مهندسي البيولوجيا الجزيئية في المختبر المرجعي الوطني- الجمعية النيجيرية لعلم الجينات البشرية، على أمل تجميع العلماء تحت مظلةٍ واحدة. ويقول عن ذلك: "حين أتطلع إلى الفرص التي تنتظرنا، أجدها تبدو رائعة، لكنْ في نيجيريا لا يمكنك أن تقطع بأمرٍ أبدًا".

إرساء الأسس

قبل 15 عامًا، كان عالِم الجينات النيجيري تشارلز روتيمي يشعر بالإحباط الشديد. فرغم نجاحه الأكاديمي حينذاك، كان يفضل تحقيق ذلك النجاح في بلده الأم، إذ كان قد غادر أفريقيا لإجراء أبحاثٍ هي الأكثر تطورًا في مجاله، ولم يكن الوحيد في ذلك.. فكثيرٌ من الأكاديميين النيجيريين يسافرون خارج البلاد. ووفقًا لما ذكره معهد سياسات الهجرة في العاصمة الأمريكية واشنطن، فإنَّ 29% من النيجيريين الذين يبلغون من العمر 25 عامًا أو أكثر في الولايات المتحدة يحملون درجة الماجستير، أو الدكتوراة، مقارنةً بنسبة قوامها 11% من إجمالي سكان الولايات المتحدة.

وبعد انضمام روتيمي إلى وكالة معاهد الصحة الوطنية الأمريكية (NIH) في مدينة بيثيسدا بولاية ميريلاند في عام 2008، وضع خطةً بالتعاون مع مدير الوكالة فرانسيس كولينز، لدفع مجال أبحاث الجينات في أفريقيا إلى الأمام. ولم ينصبّ اهتمام روتيمي على توفير منحٍ لا تتكرر، بل على إرساء أساسٍ يمكن للعلم أن يزدهر بناءً عليه. ويقول عن ذلك: "كان أهم شيءٍ بالنسبة لي هو توفير الوظائف، حتى يستطيع الباحثون إجراء أبحاثهم في بلدهم". وفي عام 2010، أعلنت معاهد الصحة الوطنية الأمريكية، ومعها مؤسسة «وِيلْكَم» Wellcome الخيرية المعنية بالطب الحيوي في لندن، عن مشروع «إتش ثري أفريكا». وقد أصبح ذلك المشروع مبادرةً بقيمة 150 مليون دولار، مدتها 10 سنوات، تدعم معاهد في 12 دولة أفريقية. وتحديد مدى نجاح هذه المبادرة لن يعتمد على عدد الأبحاث العلمية التي ستنشرها، بل على أعداد الباحثين الأفريقيين القادرين على التقدم في مجالهم بعد انتهاء المنحة في عام 2022.

وحتى يتحقق ذلك.. أدرك باحثو المبادرة أنَّهم بحاجة إلى مراجعة اللوائح المنظِّمة للبحث العلمي وإجراءاته، لكسب ثقة الناس. ومن ثم، بدلًا من مجرد تجميع عينات الدم، ثم الرحيل (وهو النهج الذي يُطلق عليه –استخفافًا- اسم «أبحاث الهليكوبتر»)، قضى عددٌ كبير من باحثي المبادرة قدرًا من الوقت لتعديل الدراسات؛ بحيث تتناسب مع السياق الأفريقي، فعلى سبيل المثال.. حين كان مايوا أولابي -المتخصص في علم الأعصاب بجامعة إبادان في نيجيريا- يجلب أفرادًا أصحاء للمشاركة كمجموعة مقارنة في دراسته التابعة لمشروع «إتش ثري أفريكا»، والمتعلقة بالعوامل الجينية للسكتات الدماغية، اكتشف فريقه أنَّ عددًا كبيرًا من الناس يعانون ارتفاعًا مقلقًا في ضغط الدم، دون أن يدروا بذلك. وتُعَد نيجيريا من أعلى دول العالم من حيث معدلات الإصابة بالسكتات الدماغية. من هنا، أدرك أولابي أنَّ المجتمعات المحلية بحاجةٍ ماسة إلى المعلومات الطبية، والرعاية الصحية الأساسية، أكثر من حاجتها إلى الأبحاث الجينية. ولذلك وسَّع نطاق دراسته؛ ليشمل التوعية بأهمية التمرينات الرياضية، وأضرار التدخين، وتأثير النظام الغذائي. وحين اكتشف الفريق أنَّ الكثيرين لم يسمعوا من قبل بعلم الجينات، حاول شرح هذا المفهوم.

وهذه عمليةٌ مستمرة. ففي صباح أحد أيام شهر نوفمبر الماضي، بعد سبع سنواتٍ من بدء المشروع، زار واحدٌ من قيادات المجتمع في إبادان عيادة أولابي الخاصة. وقال له إنَّ التوترات قد ازدادت حدةً في المجتمع، لأنَّ المشاركين في الدراسة يريدون معرفة نتائج اختباراتهم الجينية، فأجابه أولابي بأنَّ فريقه ما زال يبحث عن واسماتٍ جينية يمكنها تحديد مدى احتمالية التعرض للإصابة بسكتةٍ دماغية، وأنَّ التوصل إلى أيٍّ من تلك الواسمات قد يستغرق سنواتٍ عديدة. ويقول أولابي عن ذلك: "لكنَّ هذا السؤال يُثلج صدري، لأنَّه إن كان الناس يطالبون بنتائج الاختبارات، فهذا يعني أنَّ ما ينبغي لنا أن نفعله هو إجراء الدراسة".

"الدم هو مورد، سواءٌ أكان داخل الإنسان، أم خارجه."



وهناك مشكلة أخرى تُضفي على عملية اكتشاف الأسس الجينية للسكتات الدماغية مزيدًا من التعقيد، وهو أنَّها -كالعديد من الأمراض غير المعدية- تنتج عن مزيج من العوامل البيولوجية والبيئية. وقد أخذ أولابي في أثناء حديثه يُقلِّب في صفحات دفترٍ أزرق، يضم أسئلةً، أجاب عنها 9 آلاف مشارك حتى الآن، تتعلق بكل شيءٍ تقريبًا، بدءًا من التاريخ الطبي للعائلة، حتى مستوى التعليم. والإجابات على هذه الأسئلة تُخفي داخلها رؤًى متعمقة عن السكتات الدماغية، حتى بدون بيانات الحمض النووي. فقد توصل الفريق -على سبيل المثال- إلى أنَّ شباب نيجيريا وغانا الذين يتناولون الخضراوات الورقية كل يوم تقل نسبة إصابتهم بالسكتات الدماغية[1]. وهذه الاستنتاجات هي مجرد البداية، حيث يقول أولابي في ذلك الصدد: "أترى كمية البيانات التي جمعناها؟ لا أعتقد أنَّنا استخدمنا حتى 3% منها. لذا.. نحن بحاجة إلى الحصول على مزيدٍ من التمويل؛ لمواصلة العمل".

ويتقدم فريق أولابي في الوقت الحالي بطلباتٍ للحصول على منحٍ جديدة من معاهد الصحة الوطنية الأمريكية، ومؤسسة «وِيلْكَم»، وغيرهما من الجهات المانحة الدولية، لمواصلة العمل بعد انتهاء منحة «إتش ثري أفريكا». ولكي يبدو المشروع أكثر جاذبيةً وإثارةً للاهتمام في نظر الجهات المانحة، والكيانات التي يرغب المشاركون في المشروع في التعاون معها، يعمل القائمون على المشروع على زيادة حجم العمل الذي يمكنهم القيام به في إبادان. فمن الجدير بالذكر، أنه حتى العام الماضي، كانت غالبية التحاليل الجينية تُجرى في جامعة ألاباما بمدينة توسكالوسا الأمريكية، لكن في شهر يونيو الماضي، وفَّرت جامعة إبادان مجموعة من الحواسيب لخدمة المشروع، وفي الوقت الحالي يتولى ثلاثةٌ من الشباب المتخصصين في مجال المعلوماتية الحيوية معالجة البيانات. ويقول عن ذلك أديجون تايوو أولوفيسايو، طالب الدكتوراة الذي تركز دراساته على مجال المعلوماتية الحيوية: "يجري الآن العمل المتعلق بالبيانات الضخمة"، إلا أنَّه يقر أيضًا بقِلّة التمويل.

وفي العام الماضي، بدأ طلاب دراسات عليا آخرون في الفريق استخراج الحمض النووي من العينات، ليستطيعوا البحث فيها بتمعن عن متغيراتٍ وراثية مرتبطة بالسكتات الدماغية. ففي غرفةٍ بحجم الخزانة، تعمل فنيةٌ من طلبة الدكتوراة على وضع ملصقاتٍ على مجموعةٍ من الأنابيب بجانب مُجمِّد. هذه الطالبة هي كوكر موترايو، التي تدرس فَقْد الذاكرة بعد السكتات الدماغية. ونظرًا إلى عدم وجود مساحةٍ كافية بالغرفة لوضع كرسي، فإنَّها تجلس فوق الطاولة أثناء عملها، لكنَّها تُصِرّ على وصف مشروع «إتش ثري أفريكا» بكونه ناجحًا، رغم أنَّ أبحاث الفريق الجينية قد بدأت للتو. وتوضح قائلةً: "قارِنْ حالنا هذا بما كنا عليه قبل خمس سنوات، وستشعر بالذهول".

على أعتاب نقطة تحول

في مدينة إدي بجنوب غرب نيجيريا، يقع ما قد يُعَد منشأة أبحاث الجينوم الأكثر تطورًا بغرب أفريقيا في الوقت الحالي. ففي جامعة ريديمر، وهي مؤسسة خاصة، أسستها كنيسةٌ نيجيرية كبيرة، يُشيِّد عالم الأحياء الدقيقة كريستيان هابي إمبراطوريةً، إذ تعمل فِرَق بناء بنشاط؛ لإنشاء مقرٍّ بتكلفة قدرها 3.9 مليون دولار، يخص المركز الأفريقي للتميز في أبحاث الجينوم الخاصة بالأمراض المعدية.



54GENE

يخطط عباسي إني أوبونج، المدير التنفيذي لشركة «54 جين»، لتحويل نيجيريا إلى بلدٍ مؤثر في مجال الأبحاث الجينية.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

وفي هذا المقر، يسير هابي بخطى سريعة عبر شرفة، ليدخل مجموعةً من الغرف ستصبح مختبرًا متقدمًا للأمن الحيوي، يناسب إجراء الأبحاث حول الإيبولا وغيرها من مسببات الأمراض الخطيرة، في حين ستضم غرفةٌ صغيرة قريبة أخرى آلةً من آلات «نوفاسيك 6000» NovaSeq 6000، التي تنتجها شركة »إلومينا« Illumina في مدينة سان دييجو بولاية كاليفورنيا الأمريكية، وهي آلة تبلغ قيمتها ملايين الدولارات، ويمكنها تحديد تسلسل جينوم بشري كامل في أقل من 12 ساعة. وعنها، يقول هابي إنها أول آلة من هذا الطراز في أفريقيا، وإنَّها تؤهل مركزه، بل وقارة أفريقيا، "ليصبحا طرفًا مؤثرًا في مجال الطب الدقيق"، ثم أعلن بعد ذلك أنَّ أثاثًا من تصنيع شركة «هيرمان ميلر» Herman Miller في طريقه إلى المقر. واستطرد قائلًا إنَّه ما دامت جودة ذلك الأثاث كافية بالنسبة إلى الباحثين الذين يتعاون معهم في معهد برود -التابع لكلٍ من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، وجامعة هارفارد في كامبريدج بولاية ماساتشوستس- فستكون كافيةً أيضًا بالنسبة إلى فريقه.

ويعتزم هابي نقل مختبره إلى هذه المنشأة في غضون بضعة أشهر، لكنَّ فريقه يُجري حاليًّا بالفعل أبحاثًا متقدمة على الأوبئة الآخذة في الظهور. ففي مكتبٍ صغير، جلست جوديث أوجوزي، إحدى طالبات الدراسات العليا اللاتي يشرف عليهن هابي، وراحت تحدق في مخططٍ بياني دائري تفاعلي على حاسوبها المحمول. كان هذا الرسم البياني يعرض جميع التسلسلات الجينية التي حُدِّدَت في عينة دم وصلت إلى المختبر من أحد المستشفيات، في إطار جهود على مستوى البلاد؛ لتحديد الميكروبات التي تصيب الناس بالحمى. وفي العادة، يُخضِع الأطباءُ المرضى لفحوص؛ للتأكد مما إذا كانوا مصابين بمرضٍ معين تُرَجَّح إصابتهم به، مثل الملاريا، أم لا، لكنَّ هذا يعني أنَّ الأمراض المعدية الأخرى قد لا تُكتشَف، في حين أن التسلسلات التي فحصتها أوجوزي -على سبيل المثال- تخص كلًّا من طفيليات المُتصوِّرة *Plasmodium* المسببة لمرض الملاريا، والفيروس المسبب لحمى لاسا القاتلة، وفيروس الورم الحليمي البشري.

وتروي أوجوزي أنَّها كانت تعمل قبل بضع سنوات على معالجة عيناتٍ من مستشفى يموت فيه المرضى، لأنَّ الحمى التي أصابتهم استعصت على التشخيص، ثم استطاعت بفضل الجيل التالي من تقنيات تحديد التسلسل الجيني أن تكتشف إصابتهم بالفيروس المسبِّب للحمى الصفراء، فعرضت نتائجها على هابي، الذي بدوره أبلغ مركز نيجيريا لمكافحة الأمراض (NCDC)، فبادَر المركز على وجه السرعة بإطلاق حملة تطعيم ضد المرض.

كان هذا بالضبط ما أرادت أوجوزي تحقيقه من خلال عملها في مجال البحث العلمي. وعبَّرت عن هذا بقولها: "أشعر بالسعادة حين أحل مشكلاتٍ مرتبطة بحياة الأفراد". فقد عملَتْ بجد طوال دراستها الجامعية في ولاية بورنو النيجيرية، حتى بعد أن بدأت منظمة «بوكو حرام» الإرهابية في شن هجماتها على تلك الولاية الشمالية، حتى إنَّها كانت تسمع دويّ انفجارات القنابل أثناء المحاضرات، وتعرف بعضًا ممن أُصيبوا بطلقاتٍ نارية في الهجمات.

ورغم هذا.. تخرجت أوجوزي في عام 2011، ثم أنجبت طفلًا بعد بضع سنوات، ورغبت في الإقامة مع عائلتها في نيجيريا، لكنَّها واجهت صعوبةً في العثور على مؤسسة دراسات عليا تتيح لها التفوق في علم الجينات. وكانت قد بدأت بالفعل في البحث عن منح دراسية في جامعاتٍ بالمملكة المتحدة، وأستراليا، والولايات المتحدة، ثم عرفت بوجود مختبر هابي.

كان هابي قد اقتنع بفكرة العودة إلى نيجيريا من كلية الصحة العامة بجامعة هارفارد في بوسطن. ففي ذلك الوقت، كان عالِم الفيروسات البارز أوييوالي توموري يشغل منصب نائب رئيس جامعة ريديمر، وقدَّم لهابي عرضًا مبدئيًّا مجزيًا، ليبني بيئةً مماثِلة لتلك التي اعتاد عليها في هارفارد.

وفاز هابي بعد فترةٍ وجيزة من انضمامه إلى الجامعة بمِنح مشروع «إتش ثري أفريكا»، التي بلغ إجمالي قيمتها 6.8 مليون دولار، وتمخض عنها بعض المشروعات المذهلة، منها -على سبيل المثال- الخريطة التي وضعها هابي مع معاونيه لانتشار حالات العدوى في أكبر تفشٍّ لفيروس لاسا[2] في البلاد. كما حصل على تمويلٍ من البنك الدولي، لتشييد مركزٍ أفريقي لعلم الجينوم. ويتلقى المركز هذه المنحة في صورة دفعاتٍ على أساس الإنجازات التي يحققها، مثل تدريب طلاب دراسات عليا أو باحثين من دولةٍ أفريقية أخرى. وقد حاز المركز حتى الآن أكثر من تسعة ملايين دولار.

ويرى هابي أنَّ توفُّر المال يعني أنَّ بإمكانه عرض رواتب على الباحثين المتمرسين تجعلهم يعزفون عن مغادرة نيجيريا، وكذلك تحديث مختبره ليواكب هذا المجال سريع التطور. وهو يدعو مجموعةً من أبرز علماء الأمراض المعدية في الولايات المتحدة للتناوُب في مساعدة فريقه في مدينة إدي. ويقول عن ذلك: "أريد أن أؤسس مكانًا، نستطيع أن نعمل فيه معًا، لا مكانًا تُسلَب موارده".

تقول عالمة الجينات أونيكيبي فولارين -التي يقع مكتبها بجوار مكتب هابي- إنَّها لا تجد وقتًا لإجراء الأبحاث، نظرًا إلى انشغالها الدائم بكتابة طلبات المنح، وإعلام الجهات المانحة بشتى الإنجازات المهمة التي يحققها المركز. وتخطط فولارين مع هابي للشروع في تقديم خدمات قائمة على علم الجينوم، لتقليل اعتمادهما على المنح.

ففي الوقت الحالي، يدفع الباحثون الأفريقيون أموالًا طائلة، لشحن العينات والكواشف من الصين والولايات المتحدة، وإليهما. وفي أكثر الأحيان، تُحتجز هذه الشِّحَن في الموانئ، لكنْ بوجود معدات هابي الخاصة بتحديد التسلسلات الجينية، وآلات إنتاج الكواشف المهمة، مثل البادئات، فإنَّه يأمل في تقديم خدماتٍ تجارية إلى الباحثين الآخرين في القارة، واستخدام الأموال الناتجة في تمويل بحوثه.

عوائق في الطريق

نما لدى إني أوبونج شعورٌ بالقلق إزاء مشكلة تقطُّع ورود المِنَح الدولية، تأثُّرًا بوالده المتخصص في دراسة جينات النباتات. ولذلك.. درس إدارة الأعمال، بعد حصوله على درجة الدكتوراة في علم الجينات، بهدف تحقيق الاستدامة للأبحاث التي يقودها. وإحدى الأفكار التي يريد تنفيذها في شركة «54 جين» هي تقاضي المال من شركات تطوير الأدوية، مقابل السماح لها بالوصول إلى البيانات الجينية الموجودة في البنك الحيوي للشركة. وقد نجح هذا النموذج في بلادٍ أخرى. ففي العام الماضي، على سبيل المثال، حصل البنك الحيوي للمملكة المتحدة على 120 مليون دولار من 4 شركات أدوية عملاقة، مقابل السماح لها بالوصول إلى بياناتٍ تخص 125 ألف شخص.

ترفض شركة «54 جين» توضيح الكيفية التي تمول بها دراستها، والتي تسعى من خلالها إلى تحليل 100 ألف جينوم مأخوذة من مواطنين نيجيريين، إلا أنَّها حظيت بدعم الأطباء في 17 مستشفى بجميع أنحاء البلاد، وستتلقى منهم عينات دم تخص الموافقين على المشاركة في الدراسة، من المرضى المصابين بأمراضٍ مزمنة، مثل السرطان، والسكري، وألزهايمر.

ولأنَّ الشركة هي أولى شركات الأبحاث الجينية الهادفة إلى الربح في نيجيريا، فإنَّها ستضطر للتعامل مع بعض المسائل الأخلاقية غير المعتادة، إذ قد يشعر الأفراد بأنَّهم تعرضوا للخداع، إذا تبرعوا بالعينات لأغراضٍ بحثية، ثم علموا أنَّ الشركة قد تربحت منها، في الوقت الذي يعانون فيه لامتلاك ما يكفي من المال؛ للحصول على الرعاية الصحية. هذا.. بالإضافة إلى أنَّ المخاوف من محاولات استغلال العينات تخيم على الأجواء في نيجيريا، وفي أفريقيا عمومًا، نظرًا إلى ما حدث في الماضي من استغلالٍ لجميع موارد القارة، بدءًا من استعباد مواطنيها، حتى استخراج ماسَها. ويعلق أنتوني أهومبيي -كبير استشاريي شؤون المختبرات في مركز نيجيريا لمكافحة الأمراض- على ذلك قائلًا: "الدم هو مورد، سواءٌ أكان داخل الإنسان، أم خارجه".



AMY MAXMEN

أونيكيبي فولارين، وكريستيان هابي يقفان أمام مركزٍ لأبحاث الجينوم، سيكتمل إنشاؤه قريبًا، ليتخصص في دراسة الأمراض المعدية في نيجيريا

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ولهذه المخاوف أسبابٌ وجيهة. ففي العام الماضي مثلًا، تعرَّض معهد سانجر في مدينة هينكستون بالمملكة المتحدة لانتقاداتٍ لاذعة، لأنَّه منح ترخيصًا بامتلاك رقاقة جينية مبنية على بياناتٍ جينومية تخص أفريقيين لشركةٍ أمريكية متخصصة في التكنولوجيا الحيوية تُسمَّى «ثيرمو فيشر» Thermo Fisher، تعتزم تصنيع الرقاقة للتربح منها. وقد أثار هذا غضب كلٍّ من الباحثين الأفريقيين الذين تعاونوا مع الفريق البريطاني، والأوغنديين المشاركين في الدراسة، الذين لم يكونوا قد وافقوا على صفقةٍ كتلك.

وإدراكًا لاحتمالية وقوع كارثةٍ مشابِهة، عَرَضَ أمينو ياكوبو -المتخصص في أخلاقيات علم الأحياء، الذي أسهم في مراجعة لوائح نيجيريا في بداية مشروعات «إتش ثري أفريكا»- أن ينضم إلى شركة «54 جين» خلال العام الماضي، لمساعدة الشركة في التوصل إلى حلول. وقال عن ذلك: "أتفهَّم سبب الريبة السائدة في هذا الصدد. ولذلك، سنتحلى بالشفافية قدر الإمكان، وسنراعي بشدةٍ مخاوفَ الأفراد من التعرض للاستغلال". ويبتكر هو وإني أوبونج حاليًّا طرقًا لإفادة الجمهور، حتى قبل تحقيق أي اكتشافاتٍ جينية. فعلى سبيل المثال.. من المحتمل أن يتبرعا بأجهزة غسيل كلى للمستشفيات المشاركة التي تفتقر إليها. ويقول إني أوبونج: "إنَّنا لا نقوم بهذا العمل لجني الأموال فقط، فنحن كشركةٍ خاصة نحتاج إلى المال للعمل، لكنَّ هدفي هو دراسة الجينات والتغيرات الجينية في أفريقيا، وتحويل الرؤى المتعمقة التي سنصل إليها إلى منتجاتٍ تساعد الأفراد".

العقبات

بعكس الباحثين الأصغر سنًّا، يتردد بعض الباحثين النيجيريين المعروفين في الاحتفاء بالتنمية الواضحة التي تشهدها أبحاث الجينوم بنيجيريا، لأنَّهم يرون عقباتٍ قد تعترض المجال مستقبلًا. ويكمن أكبر هذه التحديات في قلة التمويل الوطني. ففي عام 2016، بدا كما لو كانت الحكومة النيجيرية قد بدأت تدرك أهمية البحث العلمي، حين وافقت على تخصيص 1% من إجمالي ناتجها المحلي للعلوم والتكنولوجيا، وهي النسبة التي كانت ستبلغ 3.8 مليار دولار في العام الماضي، لكنَّ هذا لم يتحقق، وما زالت ميزانية البحث العلمي تبلغ إجمالًا حوالي 750 مليون دولار سنويًّا، تُنفَق على المجالات كافة.

وقد قارَن توموري بين هذا الوضع، والوضع في الصين، التي تُعَد بدورها دولةً متوسطة الدخل. فقبل عقدٍ من الزمن، وفرت الحكومة الصينية لمجال علم الجينات حوافز معينة، مثل الإعفاءات الضريبية، وأتاحت للعلماء أماكن للسكن، وخصصت 2% من إجمالي ناتجها المحلي للبحث العلمي. وقد آتت تلك الاستثمارات ثمارها؛ ففي عام 2018، تقدمت الصين على أوروبا في استثمارات التكنولوجيا الحيوية.

ونظرًا إلى أنَّ الحكومة النيجيرية لا تمول الكثير من المشروعات العلمية، فإنَّ قدرتها محدودة على وضع أجندات البحث العلمي. ويوضح برابات جا -عالم الأوبئة في جامعة تورنتو بكندا- أنَّ هذا قد يعرقل مشروعات الأبحاث الجينية، لأنَّ أقوى الدراسات ينبثق عن المبادرات الوطنية طويلة الأجل، كما في حال البنك الحيوي للمملكة المتحدة، وبنك كادوري الحيوي الصيني. وفي الواقع، فإنَّ نيجيريا تملك بالفعل القليل من البنوك الحيوية الكبيرة، ترتبط عمومًا بمشروعاتٍ بحثية محددة. ومن المتوقع أن تمثل شركة «54 جين» إضافةً إلى تلك البنوك، لكن جا يحذّر من أنَّ تجميع عيناتٍ من دراساتٍ متباينة كثيرًا هو عملية صعبة، لأنَّ بيانات هذه الدراسات جُمِعَت لأهدافٍ مختلفة. ونوَّه إلى ضرورة إيلاء الأولوية لإنشاء مبادرةٍ موحدة لأبحاث الجينوم. وأضاف قائلًا: "إذا كانت هناك دراساتٌ جيدة وواعدة يجري العمل عليها في أفريقيا، فربما يمكننا أن نبدأ في فهْم العوامل الرئيسة وراء الأمراض والوفيات هناك".



البِنْية التحتية المفتقرة إلى إمدادات الطاقة الكافية في نيجيريا تمثل مصدر قلقٍ مستمرٍّ، وتصيب شركات التكنولوجيا بالإحباط.

وتوجد عقباتٌ أساسية أخرى تعرقل نجاح أبحاث الجينوم، أبرزها الافتقار إلى شبكة كهرباء يُعوَّل عليها. وفي هذا الصدد.. يقول توموري: "لن نستطيع أن نمضي للأمام إلى أنْ توفِّر الحكومة البنية التحتية الأساسية". ففي الوقت الحالي، تنفق المعاهد والشركات جزءًا كبيرًا من ميزانياتها على المولدات الاحتياطية، ووقود الديزل، والألواح الشمسية. ووفقًا لتقريرٍ أصدره صندوق النقد الدولي خلال العام الماضي، فإنَّ نقص إمدادات الكهرباء في نيجيريا يُكلِّف البلاد حوالي 29 مليار دولار سنويًّا[3]. وفي استقصاءٍ أجراه مركز التنمية العالمية، جاء أن قطاع التكنولوجيا المزدهر في نيجيريا قد ذكر أنَّ أُولَى العقبات التي تواجهه هي نقص إمدادات الكهرباء[4].

> "إذا جلسنا في مختبراتنا نفعل الأشياء نفسها، فلن يتحسن الوضع.



ويرى توموري أنَّ تغيير الوضع الراهن يتطلب من زملائه النيجيريين إقناع قياداتهم والشعب بأهمية الاستثمار في العلوم. وقال عن ذلك: "إذا جلسنا في مختبراتنا نفعل الأشياء نفسها، فلن يتحسن الوضع. فنحن بحاجة إلى الخروج من عالم أنابيب الاختبارات الذي نكمن فيه، والتحدث عن مثل هذه القضايا".

ويرى أويكانمي ناش -مدير أبحاث الجينوم في وزارة العلوم والتكنولوجيا النيجيرية بالعاصمة أبوجا- أنَّ التمويل الحكومي ستُرفع عنه القيود حين تحقِّق الأبحاث العلمية نتائج ملموسة. ويَنسِب ناش الفضل إلى مشروع «إتش ثري أفريكا» في تحقُّق الخطوات الأولى في هذا الشأن. ويقول إنَّ البناء على نجاحات المشروع وتوضيح جدوى الأبحاث العلمية يتوقف على الباحثين. وقد انضم ناش إلى مبادرة شركة «54 جين» الهادفة إلى تحديد تسلسلات 100 ألف جينوم، بسبب وعد الشركة الناشئة بتطوير علاجاتٍ بناءً على نتائج الأبحاث الجينية. وأضاف قائلًا: "حين نصبح أقوياء بما يكفي، ستنصت الحكومة إلينا".

وهذا رهانٌ من الصعب الفوز به، لا سيما مع استمرار بطء معدل تحسُّن اقتصاد نيجيريا في أعقاب الركود، لكنَّ علماء الجينات الشباب في نيجيريا لا يملكون خيارًا سوى التفاؤل. وعن ذلك.. يقول إندودو: "لم تكن هذه بالمهمة السهلة، فأكثرنا كان يعمل حتى منتصف الليل، واقترض لتَلَقِّي التدريب خارج البلاد، ثم عاد لتغيير المنظومة". إلا أنَّ علماء اليوم يقفون على أرضٍ أكثر صلابة، مقارنةً بأسلافهم، على حد تعبيره. وختم كلامه قائلًا: "لن يروي قصتنا سوانا، ولن يُجرِي أحدٌ غيرنا الأبحاث التي تستهدف اهتماماتنا".

إيمي ماكسمين تكتب لدورية *Nature* من مدينة أوكلاند بولاية كاليفورنيا.

1. Sarfo, F. S. *et al. Stroke* **49**, 1116–1122 (2018).
2. Siddle, K. J. *et al. N. Engl. J. Med.* **379**, 1745–1753 (2018).
3. International Monetary Fund. *Nigeria: Staff Report for the 2019 Article IV Consultation* (IMF, 2019).
4. Ramachandran, V., Obado-Joel, J., Fatai, R., Masood, J. S. & Blessing, O. *The New Economy of Africa: Opportunities for Nigeria's Emerging Technology Sector* (Center for Global Development, 2019).

تعليقات



ROSLAN RAHMAN/AFP/GETTY

واحدةٌ من خمس محطات لإعادة تدوير المياه في سنغافورة، توفر معًا للبلاد حوالي 40% من المياه اللازمة للشرب، والاستخدامات الأخرى.

فلنشرب مزيدًا من المياه المُعاد تدويرها

سيسيليا تورتاهادا، وبيير فان رينسبِرج

ليس هناك مجالٌ للاشمئزاز في مواجهة أزمة نقص المياه العالمية، الآخِذة في التفاقُم. وهناك ثلاث خطوات يمكنها -بدرجةٍ كبيرة- تحسين الانطباع العام عن المياه المُعاد تدويرها؛ لاستخدامها في الشرب.

تتفاقم مع الوقت أزمة نقص المياه الصالحة للشرب. وعوامل النمو السكاني، والتلوث، والتغير المناخي تضطر مزيدًا من المدن إلى البحث عن موارد مائية غير تقليدية[1]. وفي عددٍ متزايد من البقاع، أصبح الخيار الأفضل هو شرب مياه الصرف المحلية الخاضعة لمعالجةٍ مكثفة، التي يُطلَق عليها اسم «المياه المُعاد تدويرها». وربما يكون شرب هذه المياه هو الخيار الوحيد في بعض الحالات (انظر: «ما هي المياه المُعاد تدويرها؟»).

غير أنَّ المخاوف بشأن المياه المُعاد تدويرها، التي غالبًا ما تزداد حدتها بسبب التغطية الإعلامية التي تثير ضجة في هذا الصدد، حالت دون تنفيذ مشروعات عدة، إذ يتخوف البعض من احتواء المياه المُعاد تدويرها على قدرٍ أكبر من مسببات الأمراض والمواد الكيميائية، مقارنةً بمياه الشرب المستمدة من البحيرات أو الأنهار، فيما يشعر آخرون بالاشمئزاز من فكرة استهلاك مياهٍ مرت عبر المراحيض والمصارف قبل معالجتها.

ويعيش حاليًّا ملياراً شخص تقريبًا في بلدانٍ تعاني "شُحًّا شديدًا في المياه"، يقع معظمها في شمال أفريقيا، وغرب آسيا، ووسطها، وجنوبها[2]. ونظرًا إلى الزيادة المتوقعة في عدد سكان العالم، من 7.7 مليار شخص حاليًّا إلى عشرة مليارات في عام 2050، حيث تشير التقديرات إلى أنَّ 70% منهم سوف يعيشون في المناطق الحضرية، فمن المتوقع أن يرتفع الطلب على مياه الشرب المأمونة ارتفاعًا شديدًا.

ووفقًا لتقييمٍ أعدّته الأمم المتحدة في عام 2019، فمن المحتمل أن يزداد الطلب على المياه بصورةٍ عامة عن المعدل الحالي، بنسبةٍ تتراوح بين 20%، و30%، بدءًا من الوقت الحالي إلى عام 2050 (المرجع 3).

وبالتالي، يُعَد الحفاظ على المياه شديد الأهمية. ولذا.. هناك حاجة إلى تطوير البِنْية التحتية لإمداد المياه، وإدارتها على نحوٍ أفضل، وذلك عبر طرق عديدة، تشمل استخدام أجهزة الاستشعار الذكية، وغيرها من التقنيات. ويمكن أيضًا للوسائل الاقتصادية تعزيز الاستخدام الرشيد للمياه، مثل تحديد السعر المناسب للماء. كما ينبغي تطبيق تشريعات؛ للحدّ من التلوث. ويجب أيضًا توعية جميع القطاعات -العامة منها، والخاصة- بأهمية توفير المياه، وكذلك توعية المجتمع على نطاق أوسع.

ومن الأهمية بمكان بذل جهود لدراسة فوائد شرب المياه المُعاد تدويرها، ومخاطره، بما في ذلك الوسائل الممكنة لجعله مقبولًا أكثر لدى المستهلكين.

الانطباع العام

على مدار العقدين الماضيين، أدّت معارضة المواطنين إلى توقف عدة مشروعات، كانت تهدف إلى تزويد الناس بمياه الشرب المُعاد تدويرها.

ففي عام 2000 مثلًا، نشرت صحيفة «لوس أنجيليس ديلي نيوز» *Los Angeles Daily News* مقالًا بعنوان «استغلال مياه المرحاض»، حول مشروع «إعادة تدوير مياه الوادي الشرقي» East Valley Water Recycling project، الذي كان قد بدأ في وادي سان فرناندو بمدينة لوس أنجيليس في ولاية كاليفورنيا في عام 1995، فساورت سكان المنطقة مخاوف إزاء مدى أمان تلك المياه المعاد تدويرها، التي اعتقدوا أنَّها ستُخصَّص فقط لمَن يعيشون في المناطق منخفضة الدخل. وقد سيَّس المرشحون لمنصب العمدة ذلك المشروع. وفي نهاية المطاف، قررت إدارة المياه والطاقة في لوس أنجيليس -التي اقترحت المشروع- عدم تنفيذه. ومنذ ذلك الحين، تُستخدم المياه المُعاد تدويرها فقط لأغراض الري والصناعة[4].

وفي مدينة كوينزلاند بأستراليا، نجح السكان في وقف مشروعٍ لإعادة استخدام المياه في مدينة توومبا في عام 2006، ومشروع آخر كان يُعرف باسم «مشروع المرفأ الغربي لإعادة تدوير المياه» Western Corridor Recycled Water Scheme في جنوب شرق كوينزلاند في عام 2009، حتى حينما كانت البلاد تعاني أشد حالات الجفاف منذ بدء تسجيل بيانات المناخ.

ففي توومبا، صوَّت 62% من بين حوالي 95 ألف شخصٍ برفض المشروع، ورجع ذلك الموقف -بدرجة كبيرة- إلى المخاوف المتعلقة بمدى أمان المياه، والخوف من الأثر الضار المحتمَل للمشروع على الصناعات بالمنطقة، بما فيها السياحة، وتصنيع الأغذية، ومبيعات العقارات[5]. وقد بلغت تكلفة «مشروع المرفأ الغربي لإعادة تدوير المياه» 2.4 مليار دولار أسترالي (1.6 مليار دولار أمريكي). وكان المشروع يهدف إلى إنتاج ما يصل إلى 230 ألف متر مكعب من المياه يوميًّا، لتوفير حوالي 30% من احتياجات جنوب شرق كوينزلاند من إمدادات المياه، بيد أنه في عام 2009، بعد الضغط السياسي وانفراج أزمة الجفاف، تقرَّر ألَّا ينتج المشروع مياهًا مُعاد تدويرها صالحة للشرب، سوى عند انخفاض مخزون البحيرة الاصطناعية (التي كانت ستُخزَّن فيها المياه المُعاد تدويرها) إلى أقل من 40% من سعته الإجمالية[6].

وهذا الشك الذي يساور الرأي العام تجاه أمان المياه له ما يبرره نوعًا ما. فعلى سبيل المثال.. ما زالت هناك مجتمعاتٌ في الولايات المتحدة وكندا تفتقر إلى مياه الشرب الآمنة، أغلبها من ذوي الدخل المنخفض والأقليات العرقية[7]. وفي عدة حالات، تبيَّن أنَّ مياه الشرب غير آمنة ليستخدمها السكان، كما حدث في مدينة فلينت بولاية ميشيجان في عام 2014، وفي عدة مدن بكندا في ذلك العام. وفي كل هذه الحالات، وُجِدَ أنَّ المياه تحتوي على تركيزاتٍ من مادة الرصاص أعلى من الحد الآمن الذي أقرّته السلطات التنظيمية. وفي شهر أكتوبر من العام الماضي، كشفت الاختبارات أنَّ ما يقرب من 300 بئر من آبار مياه الشرب، ومصادر مياه أخرى في كاليفورنيا تحتوي على آثارٍ من مواد كيميائية معروفة باسم «بير فلورو ألكايل»، و«بولي فلورو ألكايل»، تُسمَّى اختصارًا (PFASs)، وتربطها الأبحاث ببعض أنواع السرطان وغيرها من المشكلات الصحية.

> "تخضع مياه الشرب المُعاد تدويرها حاليًّا بالفعل لقواعد تنظيمية، وآليات متابعة وتقييم، وتدقيق أكثر صرامة".

هذا.. بينما تخضع مياه الشرب المُعاد تدويرها حاليًّا بالفعل لقواعد تنظيمية، وآليات متابعة وتقييم، وتدقيق أكثر صرامة، مقارنةً بمياه الشرب العادية.

تحسين الانطباع العام

هناك ثلاث خطواتٍ من شأنها تحسين الانطباع العام عن المياه المُعاد تدويرها.

إجراء المزيد من البحوث: تحتوي مياه الصرف على مئات الملوثات الكيميائية ومسببات الأمراض المعروفة، التي إنْ لم تُعالَج كما ينبغي؛ فقد تُسبِّب أمراضًا حادة ومزمنة خطيرة، مثل الكوليرا، أو التيفود. وتُطرَح باستمرار في السوق مواد كيميائية جديدة، فضلًا عن اكتشاف سلالاتٍ جديدة من البكتيريا والفيروسات. من هنا.. ينبغي على الباحثين في الجامعات، والعاملين في شركات مرافق المياه دراسة أي مخاطر ناشئة عن إعادة استخدام تلك المياه، وتقدير تلك المخاطر، والحدّ من آثارها بفاعلية، بالإضافة إلى الاستمرار في تقييم فوائد المياه المُعاد تدويرها، وتكلفة استخدامها فيما يخص صحة البشر، والبيئة.

وينبغي أيضًا إجراء فحوص تتكرر يوميًّا أو أكثر[8]، لمتابعة نِسَب مسببات الأمراض والمواد الكيميائية في المياه باستمرار، وذلك بغرض حماية الأفراد من أي مشكلاتٍ محتملة[9]، خاصةً مع تحسُّن دقة تقنيات الكشف عن تلك المواد، وتزايد يُسر تكلفتها، وسهولة الحصول عليها. وكما أنه من المهم رصد المخاطر الشديدة الناتجة عن التعرض للمواد الكيميائية السامة لمرةٍ واحدة فقط[10]، من المهم أيضًا -بالقدر ذاته- رصد مخاطر الإصابة بالأمراض المزمنة، نتيجة التعرض طويل المدى لمستوياتٍ منخفضة من تلك المواد الكيميائية.

وفي البلدان متوسطة الدخل وعاليته، يجب لمياه الشرب، سواءٌ أكانت مياهًا مُعاد تدويرها، أم لا، أن تستوفي المعايير الصحية الوطنية، والإقليمية، والمحلية المتعلقة بنِسَب مسببات الأمراض، والمواد الكيميائية، وأي أنواع أخرى من الملوّثات[8] (أو أي معايير أخرى مطبَّقة). وحتى الآن، تمكنت إدارات المياه في المدن التي تَستخدِم المياه المُعاد تدويرها من استيفاء هذه المعايير، من خلال استخدام مقارَبة المعالجة متعددة الحواجز، التي تستهدف جميع الملوثات، من المواد الكيميائية إلى الميكروبية، عبر المتابعة الآنية لنِسَب الميكروبات والكيماويات، فضلًا عن استخدام استراتيجياتٍ مختلفة لإدارة المخاطر طوال مرحلتَي المعالجة، والتوزيع[11،12].

تحسين جهود التوعية العامة: ينبغي لشركات مَرافق المياه تطوير استراتيجياتٍ أكثر شمولًا فيما يتعلق بجهود نشر المعلومات، وتقديم الاستشارات العامة، والتثقيف، والمشاركة.

وتجب الإشارة إلى أنَّ المشاركة المجتمعية ليست وسيلةً لإقناع الجمهور بضرورة المضيّ قدمًا في

ما هي المياه المُعاد تدويرها؟

المياه «المُعاد تدويرها» هي مياه صرف خاضعة لمعالجةٍ مكثفة.

في البلدان متوسطة الدخل وعاليته، تُجمَع -بصورةٍ عامة- مياه الصرف المحلية الناتجة عن استهلاك المنازل، والمتاجر، والشركات، باستثناء المصانع، ثم تُعالَج في محطات معالجة مياه الصرف الصحي، وبعدها تُصرَف في الأنهار والبحيرات، وغيرها من المسطحات المائية الطبيعية، ثم يُجمَع هذا «الماء الخام»، ويُعالَج مرةً أخرى، ليُستخدَم في البلدات والمدن الواقعة عند مصبّات هذه المسطحات المائية لأغراض الشرب، أو الزراعة، أو ريّ المسطحات الخضراء، أو العمليات الصناعية.

وهناك استراتيجيةٌ بديلة، وهي معالجة مياه الصرف المحلية معالجةً أكثر صرامة، بحيث يمكن استخدامها في الشرب. فبعد أن تمر المياه عبر محطة معالجة مياه الصرف الصحي، تُعالَج في محطةٍ ثانية (وأحيانًا ثالثة) باستخدام عمليات معالجة كيميائية وبيولوجية وفيزيائية متقدمة، ثم يُضَخ هذا الماء مباشرةً في نظام إمداد مياه الشرب، أو في النظم المائية الطبيعية (أي في الأنهار، أو البحيرات، أو طبقات المياه الجوفية، أو البحيرات الاصطناعية). وفي هذا السيناريو الأخير، تُسحَب المياه بعدها من النظام الطبيعي، ثم تُعالَج مرةً أخرى، وتُوَفَّر للناس ليستخدموها في الشرب، أو في غيره من الاستخدامات. وفي كلتا الحالتين، يُطلق على المياه الناتجة اسم المياه «المُعاد تدويرها»[8].

وفي كثيرٍ من المناطق، تشكل مياه الصرف التي تُعالَج بالطريقة المعتادة (أي مرة واحدة فقط)، ثم تُصرَف في الأنهار نسبة متزايدة من المياه المتدفقة فيها[15]. ومع ذلك.. ما زالت السلطات تَعتبِر مثل هذه الأنهار "مصادر طبيعية للمياه العذبة". ونظرًا إلى أنَّ وسائل معالجة مياه مجاري تلك الأنهار ربما لا تتناسب مع الجودة الفعلية للماء الخام، فإنَّ هذا يشكل خطرًا صحيًّا متفاقمًا. وبالتالي، فإنَّ معالجة مياه الصرف وفقًا لمعايير أكثر صرامة في بيئةٍ خاضعة للرقابة، ثم إعادة استخدامها لأغراضٍ محددة، قد تكون استراتيجيةً أكثر منطقية، لأسبابٍ اقتصادية وصحية، على حد سواء.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مشروعاتٍ معينة، ولا يجب أن يُنظر إليها أبدًا على أنها كذلك، وإنَّما ينبغي أن يكون هدفها توفير منابر، يمكن من خلالها الاستماع إلى مخاوف الناس؛ ومعالجتها مبكرًا، حتى لو عنى ذلك تعديل خطط المشروعات.

ويمكن لبعض المشروعات الناجحة أن توفر لنا نموذجًا يُحتذى به في هذا الصدد. ففي التسعينيات -على سبيل المثال- خططت مدينة سان دييجو في كاليفورنيا لتنفيذ مشروعٍ لإعادة تدوير المياه، بغرض تقليل اعتمادها على نقل المياه من نهر كولورادو، وغيره من المصادر. وقد حظي المشروع بدعم شعبي في البداية، لكنّ هذا الدعم تَراجَع لأسبابٍ

> **"ينبغي لشركات مَرافق المياه البدء في تنفيذ مشروعات إعادة تدوير المياه في الأماكن التي تشتد فيها الحاجة إليها".**

مختلفة، منها التناقضات في المعلومات التي وفَّرَتها لجان الخبراء حول مدى أمان المياه المُعاد تدويرها. ونتيجة استخدام وسائل الإعلام لبعض المصطلحات في تغطيتها للمشروع -مثل "مِن المرحاض إلى الصنبور"، و"مشروب من الصرف الصحي"- بالإضافة إلى الادعاءات بأنَّ المياه المُعاد تدويرها ستُخصَّص فقط للمجتمعات منخفضة الدخل، بلغت المقاومة الشعبية للمشروع درجةً اضطرت مجلس المدينة إلى تحويله إلى مشروعٍ للمياه غير الصالحة للشرب في عام 1999 (المرجع 13).

وظلّت سان دييجو بحاجة إلى المزيد من مياه الشرب. ولذلك.. قررت هيئة المَرافق العامة في عام 2004 وضع استراتيجياتٍ أكثر شمولًا؛ لتوعية السكان وتثقيفهم. وتضمنت مجموعة المقاربات التي انتهجتها الهيئة استطلاعًا للرأي عبر الإنترنت والهاتف، وأبحاثًا شاركت فيها مجموعاتٍ نقاش، فضلًا عن إتاحة الفرص لموظفي المدينة لمناقشة المشروع مع منظمات الخدمات التطوعية في سان دييجو وغيرها، وتخصيص موقعٍ إلكتروني لتوفير المعلومات.

وقد أثمرت هذه الجهود.. ففي عام 2004، وافق 26% فقط ممن شملهم الاستطلاع على إعادة تدوير المياه، لكنْ بحلول عام 2012، زادت نسبة الموافِقين إلى 73%. ووافقت المدينة في عام 2013 على تنفيذ مشروع «مياه نقية لسان دييجو» Pure Water San Diego[14]. ومن المتوقع لهذا المشروع أن ينتِج حوالي 114 ألف مترٍ مكعب من مياه الشرب يوميًّا بحلول عام 2023، وأن يوفر ثلث احتياجات المدينة من المياه بحلول عام 2035.

تنفيذ المشروعات حيث توجد حاجةٌ ماسّة إليها: ينبغي لشركات مَرافق المياه المختصةِ البدء في تنفيذ مشروعات إعادة تدوير المياه في الأماكن التي تشتد فيها الحاجة إليها. وستحتاج هذه المشروعات إلى توفُّر القدر الكافي من المعرفة، والخبرات الفنية، والموظفين، والإمكانات المالية، فضلًا عن تنفيذها في المدن التي تطبِّق قواعد صارمة فيما يتعلق بجودة المياه. وبمجرد أن يثبت كلٌّ من أمان هذه المشروعات، وفاعليتها في المناطق عالية المخاطر، سيدعم سكان المناطق الأخرى -على الأرجح- مشروعاتٍ مماثلة.

مفاتيح النجاح

مفتاح نجاح هذه الاستراتيجيات هو إشراك جميع أصحاب المصالح المعنيين باستمرار، من رؤساء بلديات المدن إلى الحكومات الوطنية، ومن الشركات والمجالس الصحية والطبية المحلية إلى المنظمات المجتمعية والبيئية، والزعماء الدينيين، ووسائل الإعلام.

وهناك ما لا يقل عن ثلاثة مراكز اقتصادية مهمة لم تكن لتصل إلى ما هي عليه اليوم، دون استخدام المياه المُعاد تدويرها في الشرب، وهي سنغافورة، ومدينة فيندهوك في ناميبيا، ومقاطعة أورانج كاونتي في ولاية كاليفورنيا الأمريكية (انظر: «ثلاث قصص نجاح»). وفي الواقع، لولا مشروعات إعادة تدوير المياه، التي نفذتها هذه المدن، ربما كانت جهود التنمية الاجتماعية الاقتصادية ستتعرض لضرر جسيم، بسبب الحصص المائية التي كان السكان سيُلزَمون بالتقيد بها على الأرجح. وبالإضافة إلى ذلك.. يمكن للمياه المُعاد تدويرها أن تفيد الجداول، والأنهار، والبحيرات، والأراضي الرطبة، وطبقات المياه الجوفية. ويرجع ذلك -جزئيًّا- إلى أنَّ المياه الزائدة الناتجة عن مثل هذه المشروعات، التي تُعاد إلى النظم الطبيعية، أفضل جودةً من مياه الصرف المُعالَجة العادية[8].

سيسيليا تورتاهادا باحثة وزميلة أولى في معهد السياسات المائية بكلية لي كوان يو للسياسات العامة في جامعة سنغافورة الوطنية بسنغافورة. **وبيير فان رينسبرج** هو المدير التنفيذي الاستراتيجي للتخطيط العمراني وتخطيط النقل في إدارة التخطيط العمراني وتخطيط النقل بمدينة فيندهوك في ناميبيا.

البريد الإلكتروني لكل منهما:

cecilia.tortajada@nus.edu.sg

pierre.vanrensburg@windhoekcc.org.na

1. World Health Organization. *Potable Reuse: Guidance for Producing Safe Drinking-Water* (WHO, 2017).
2. United Nations. *Sustainable Development Goal 6: Synthesis Report 2018 on Water and Sanitation* (United Nations, 2018).
3. UNESCO. *Leaving No One Behind: The United Nations World Water Development Report 2019* (UNESCO, 2019).
4. US Bureau of Reclamation. *Recycled Water Project Implementation Strategies. Technical Memorandum* (US Department of the Interior & CH2MHILL, 2004).
5. Hurlimann, A. & Dolnicar, S. *Water Res.* **44**, 287–297 (2010).
6. Australian Academy of Technological Sciences and Engineering. *Drinking Water Through Recycling: The Benefits and Costs of Supplying Direct to the Distribution System* (ATSE, 2013).
7. Patel, A. I. & Schmidt, L. A. *Am. J. Public Health* **107**, 1354–1356 (2017).
8. US Environmental Protection Agency & CDM Smith. *2017 Potable Reuse Compendium* [EPA-CDM CRADA 844-15] (EPA, 2017).
9. US Environmental Protection Agency Office of Water. *Draft Framework for a Water Reuse Action Plan* (EPA, 2019).
10. US National Research Council. *Water Reuse: Potential for Expanding the Nation's Water Supply through Reuse of Municipal Wastewater* (National Academy of Sciences, 2012).
11. Water Research Foundation. *Assessment of Techniques to Evaluate and Demonstrate the Safety of Water from Direct Potable Reuse Treatment Facilities* [Web Report #4508] (Water Research Foundation, 2016).
12. WateReuse Research Foundation. *Framework for Direct Potable Reuse* (WateReuse Research Foundation, 2015).
13. Brouwer, S., Maas, T., Smith, H. & Frinjs, J. *D5.2 Trust in Water Reuse: Review Report on International Experiences in Public Involvement and Stakeholder Collaboration* [DEMOWARE Project D5.2] (KWR Watercycle Research Institute, 2015).
14. The City of San Diego. *Report to the City Council* (City of San Diego, 2013).
15. Rice, J., Wutich, A. & Westerhoff, P. *Environ. Sci. Technol.* **47**, 11099–11105 (2013).
16. van Rensburg, P. *Int. J. Water Resour. D.* **32**, 622–636 (2016).
17. Tortajada, C. & Nambiar, S. *Water* **11**, 251 (2019).

ثلاث قصص نجاح

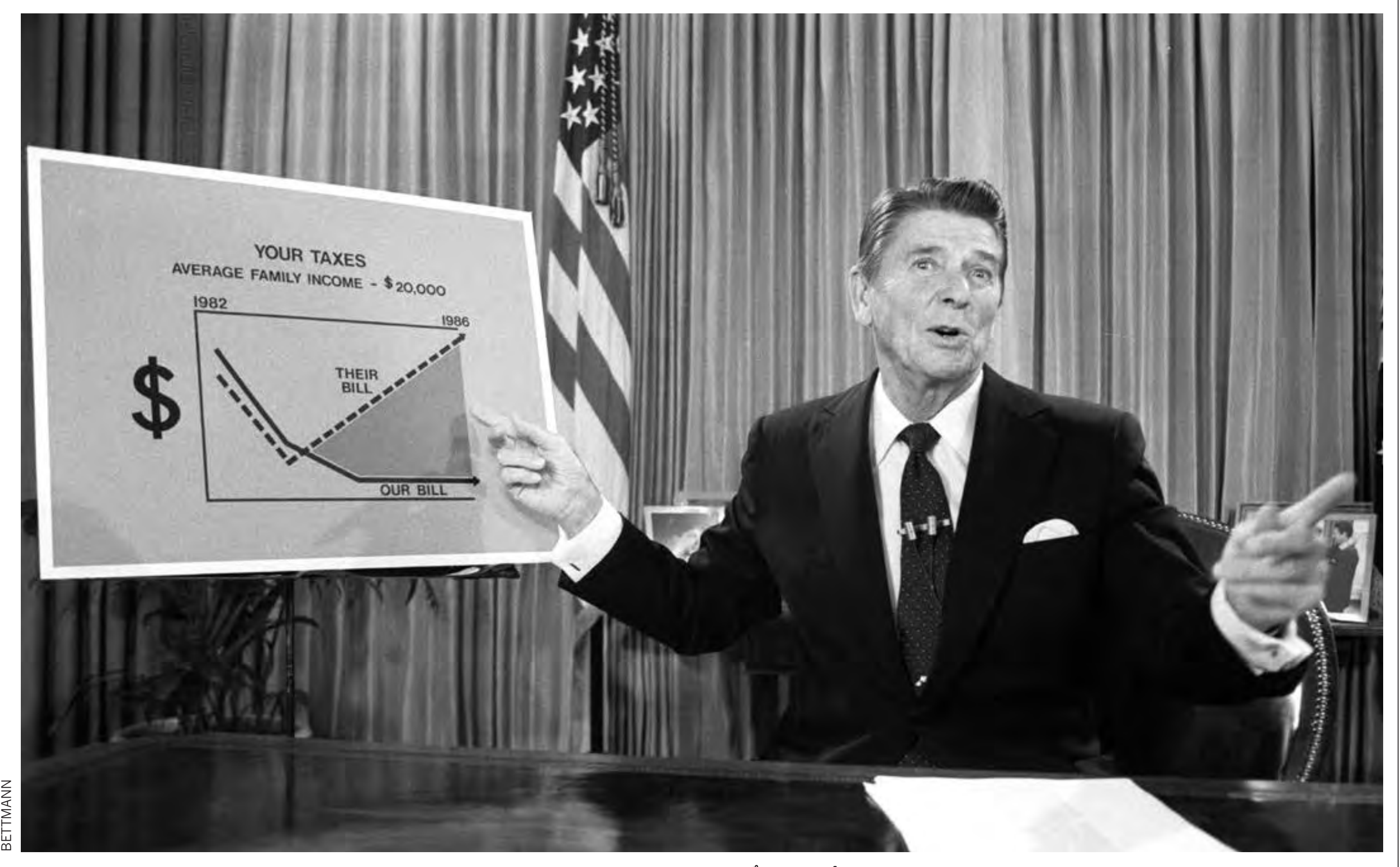
اضطر سكان سنغافورة، ومدينة فيندهوك في ناميبيا، ومقاطعة أورانج كاونتي في كاليفورنيا للبدء في شرب المياه المُعاد تدويرها.

ويُذكر أنه نظرًا إلى وقوع مدينة فيندهوك في بيئةٍ قاحلة، أو شبه قاحلة، لا يتوفر فيها إلا القليل من الموارد من المسطحات المائية، أصبحت المدينة في عام 1968 أول مدينةٍ تُوفِّر لسكانها مياه شرب من المياه المُعاد تدويرها. وتنتج حاليًّا محطة جوريانجاب لإعادة تدوير المياه حوالي 24% من مياه الشرب في فيندهوك (21 ألف متر مكعب يوميًّا)[16]. وخلال فترة الجفاف التي عاشتها المدينة من عام 2014 إلى 2016، لم تكن الإمدادات من البحيرات الاصطناعية القريبة تلبي سوى 10% فقط من الطلب على المياه، بدلًا من النسبة المتوقعة التي تصل إلى 75%، فأسهمت حينها المياه المُعاد تدويرها -التي تنتجها محطة جوريانجاب- في توفير نسبةٍ تصل إلى 30% من إجمالي إمدادات المياه في المدينة.

أما نظام مقاطعة أورانج كاونتي لإعادة تغذية طبقات المياه الجوفية بالماء، الذي يُستخدَم منذ عام 2008، فقد أصبح أكبر منشأة لإعادة تدوير المياه في العالم، حيث تنتج 379 ألف متر مكعب من المياه الصالحة للشرب كل يوم. ويحظى المشروع بقبولٍ واسع، ويرجع ذلك -جزئيًّا- إلى أنَّ شركة مَرافق المياه بالمقاطعة، التي تُعرف باسم «مديرية مياه أورانج كاونتي» Orange County Water District، جعلت المشارَكة المجتمعية وإمداد الجمهور بالمعلومات من البداية في صدارة أولوياتها.

وهناك أيضًا سنغافورة، إذ أمضى البلد الآسيوي عقودًا يخطط لمشروعٍ لإعادة استخدام المياه، يُطلق عليه الآن اسم «إن إي ووتر» NEWater. وبحلول وقت إطلاق المشروع في عام 2003، كانت قد بُذلت بالفعل جهودٌ إعلامية إرشادية شاملة لتثقيف الأفراد بشأن أمان المياه، وإمكانية الاعتماد عليها على المدى الطويل، شاركت فيها الحكومة، وصناع القرار الآخرون. واليوم، يوفر مشروع «إن إي ووتر» حوالي 40% من المياه الصالحة للشرب، وغير الصالحة للشرب في سنغافورة. وإذا سارت الأمور وفق الخطة الموضوعة، فسوف يلبي المشروع بحلول عام 2060 نسبة قوامها 55% من احتياجات المدينة من المياه[17]. ويدرك معظم سكان سنغافورة أنَّ دولتهم المستقلة -الواقعة على جزيرةٍ تعاني نقصًا في المياه- هي أصغر مِنْ أن تخزِّن الأمطار التي تسقط عليها. وهم يُقدِّرون أهمية مشروع «إن إي ووتر». وفي العيد الوطني لسنغافورة كل عام (يوم 9 أغسطس)، يُمنح آلافٌ من حاضري الاحتفالات بالعيد زجاجاتٍ من مياه مشروع «إن إي ووتر»، ويشربونها دون قلق.

كتب وفنون



BETTMANN

بَنَى الرئيس الأمريكي رونالد ريجان سياسة التخفيضات الضريبية في الثمانينيات على أفكارٍ مشكوكٌ في صحتها.

مخاطر الفرضيات الاقتصادية غير المُثبَتة

يقدم إحسان مسعود ثلاثة كتب تحذِّر من مخاطر الأفكار الاقتصادية غير المُثبَتة، ناصحًا الحكومات بالانتباه إلى الأدلة على الأفكار الاقتصادية. **إحسان مسعود**

توفيت الخبيرة الاقتصادية فيرا شلاكمان في شهر نوفمبر من عام 2017، عن عمرٍ بلغ 108 أعوام. ويُعدُّ كتابها الصادر في عام 1935 بعنوان «التاريخ الاقتصادي لمدينةٍ صناعية» *Economic History of a Factory Town* مَعلمًا في مجال الاقتصاد. وفي هذا الكتاب، ومن خلال سعيها لأَنْ تؤرخ الكيفية التي غيرَتْ بها صناعة النسيج مدينة شيكوبي في ولاية ماساتشوستس الأمريكية، ركزَّت على حياة النساء العاملات، متناولةً تحليلات بيانات الأجور، ومُدد نوبات العمل، لتتطرق إلى قيمة مهور الزواج، والمعلومات الواردة في الخطابات واليوميات. وجديرٌ بالذكر أنَّ شلاكمان لم تنشر كتابًا بخلاف هذا، بسبب إقصائها عن تدريس الاقتصاد خلال الحقبة المكارثية في خمسينيات القرن العشرين.

وأثناء تفحُّص كتاب «عندما يتصل الرئيس» *When the President Calls*، الذي نشره المؤلف سيمون بومايكر في عام 2019، تذكَّرتُ شلاكمان، وإلى أيّ مدى ابتعدنا عن مثل هذه التحليلات المتكاملة للواقع الاقتصادي. وحسبما أوضح بومايكر، فإنَّ المستشارين الاقتصاديين لرؤساء الولايات المتحدة على مدار نصف القرن المنصرم، بدايةً من ريتشارد نيكسون، ووصولًا إلى دونالد ترامب، سمحوا لمسؤولي البنك المركزي والخزانة بتنفيذ أفكارٍ ليست لها ضوابط. وهذه الأفكار المجردة، التي كثيرًا ما توصَف بمصطلحاتٍ مستعارة من الرياضيات أو الفيزياء (مثل سرعة تداوُل النقد)، لا تحظى بإجماع آراء الخبراء، ولا يمكن بالضرورة تطبيقها في اقتصاداتٍ أخرى.

ويجسد كتابان جديدان آخران روح تنوُّع الفِكر الذي تميَّزت به شلاكمان، وكلاهما من إنتاج مؤلِّفَين حازا جائزة نوبل في الاقتصاد، وهذان الكتابان هما: «جدالٌ مع الموتى الأحياء» *Arguing with Zombies* للأكاديمي الاقتصادي بول كروجمان، و«أفكارٌ اقتصادية جيدة للأوقات العصيبة» *Good Economics for Hard Times* للأكاديميَّين أبهيجيت بانيرجي، وإستر دوفلو.

صدر كتاب بانيرجي ودوفلو قبل شهرٍ من حصولهما على جائزة نوبل لعام 2019، التي تَقاسَماها مع الأكاديمي الاقتصادي مايكل كريمر. ويوجِز الكتاب ما يقرب من عقدين من الأبحاث، التي تطرح للرأي العام تجارب ميدانية للسياسات في البلدان منخفضة الدخل؛ من سياسات تحسين نتائج التعليم إلى سياسات استخدام التطعيمات المتوفرة. أمَّا كتاب كروجمان الضخم، فيتيح نظرة متأملة إلى أخطاء العقدين الماضيين، و«الموتى الأحياء» في عنوان كتابه تمثلهم النظريات والسياسات الاقتصادية التي كان من المفترَض في الأدلة أن تقضي عليها، لكنَّها تعاود الظهور مرارًا وتكرارًا؛ مثل فكرة أنَّ انعدام المساواة ضرورة لتحقيق النمو الاقتصادي. وفي عالَمٍ ما زال يعاني آثار الأزمة المالية لعام 2008، يوجه كروجمان كلماتٍ قاسية للاقتصاديين الذين يتشبثون بالطرق القديمة.

أحد الأمثلة البارزة على تلك الطرق هو «منحنى لافر»، المُسمَّى تيمنًا بآرثر لافر، الذي أصبح فيما بعد المستشار الاقتصادي للرئيس الأمريكي رونالد ريجان. ومن الواضح أنَّ بومايكر قد استمتع بفرصة محاورة لافر، الذي يُقال إنَّه رسم فكرة المنحنى على منديلٍ أثناء تناول وجبة الغداء في أحد أيام عام 1974 مع اثنين من مسؤولي البيت الأبيض، هما: دونالد رامسفيلد، وديك تشيني. زعم لافر عندئذ أنَّه إذا زادت

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

عندما يتصل الرئيس: حواراتٌ مع صانعي السياسات الاقتصادية

When the President Calls: Conversations with Economic Policymakers

سيمون دبليو. بومايكر

دار نشر معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا (2019)

جدالٌ مع الموتى الأحياء: الاقتصاد، والسياسة، والكفاح من أجل مستقبلٍ أفضل

Arguing with Zombies: Economics, Politics, and the Fight for a better Future

بول كروجمان

دار نشر دبليو. دبليو. نورتون (2020)

أفكارٌ اقتصادية جيدة للأوقات العصيبة

Good Economics for Hard Times

أبهيجيت في. بانيرجي، وإستر دوفلو

دار نشر بابليك أفيرز (2019)

الحكومات الضرائب المفروضة على ذوي الدخول المتواضعة، وخفَّضت الضرائب المفروضة على الأثرياء، فقد تتمكن بهذين الأمرين من زيادة الإيرادات، وتعزيز النمو. وكانت حجته في الجزء الأول من الفكرة أنَّ أصحاب الدخل المنخفض يفوقون الأثرياء عددًا، وهو ما يزيد من إجمالي إسهاماتهم الضريبية. أما حجته في الجزء الثاني، فكانت أنَّ أصحاب الأعمال الأثرياء من المحتمل أن يستخدموا الأموال الموفَّرة من التخفيضات الضريبية للاستثمار في منتجاتٍ جديدة، أو المزيد من الوظائف أو المعدات؛ وهو ما يؤدي إلى تعزيز النمو.

التخفيضات الضريبية غير المُثبَتة

لا يوجد إجماعٌ على دقة «منحنى لافر» من عدمها. وتتعرض الفكرة لانتقاداتٍ، حتى من بعض الاقتصاديين المحافظين البارزين، من أمثال جريجوري مانكيو. ومع ذلك، أصبح المنحنى أساس التخفيضات الضريبية، بدايةً من قرار الرئيس الأمريكي ريجان بتخفيض نسبة الضريبة على الدخل في أعلى الشرائح الضريبية، من 70% إلى 28%، وذلك خلال الفترة من أوائل الثمانينيات إلى منتصفها. وقد اكتشف بومايكر أنَّ لافر ما زال مسرورًا بفكرته، وواثقًا منها، إذ قال له في مقابلتهما: "هذه فكرتي المفضلة، وقد أحببتُها. وكانت تلك أفضل فاتورة ضريبية في تاريخ الولايات المتحدة".

ووفقًا لما تكشفه هذه الكتب الثلاثة، فإنَّ الأفكار التي أصبح لافر وغيره يمثلونها تتعرض الآن لنقد شديد، حتى من أحزاب يمين الوسط في الدول مرتفعة الدخل، التي أيّدت تلك الأفكار في البداية، إذ لم يحدث رخاءٌ شامل من جرّاء ما دعمته هذه الأفكار لعقود، من خفض مستويات الإنفاق العام، أو تثبيتها، والتجارة الحرة غير المُقيَّدة، وتخفيف صرامة اللوائح التنظيمية المفروضة على المؤسسات المالية، وخفض الضرائب على الشركات وعلى ذوي الدخل المرتفع. ويتجلَّى ذلك –على وجه الخصوص- في الولايات المتحدة، وبريطانيا، اللتين تُعَدان حاليًّا من أكثر البلدان التي تنعدم فيها المساواة بين الدول ذات الاقتصادات المكافئة. ففي عام 2016، على سبيل المثال، بناءً على نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي، كانت ست مناطق من تلك المناطق العشر الأكثر فقرًا في شمال أوروبا تقع في المملكة المتحدة.

وقد نشأت نزعات القومية الاقتصادية من هذه التوجُّهات، رافعةً شعاراتٍ تباينت ما بين شعار «أمريكا أولًا» في الولايات المتحدة، وصولًا إلى شعار «استعيدوا السيطرة» في المملكة المتحدة. وتمثلت النتائج الفعلية لها في استنكار إدارة ترامب علنًا لاتفاقية أمريكا الشمالية للتجارة الحرة (النافتا)، وإعادتها التفاوض بشأنها، وخروج المملكة المتحدة من الاتحاد الأوروبي (البريكست).

وفي الوقت نفسه، فإنَّ انهيار ما كان ينظر إليه السياسيون اليمينيون واليساريون كأفكارٍ اقتصادية سائدة قد أفسح المجال أمام مقارباتٍ أخرى لصنع السياسات، أكثر اتساقًا مع الأفكار التقليدية لتيار اليسار الأخضر. وهذا يُفسر جزئيًّا سبب الاهتمام الذي تحظى به أفكار الخبيرة الاقتصادية الإيطالية الأمريكية ماريانا مازوكاتو في أوساط التيارات السياسية المختلفة، إذ تحاجِج مازوكاتو بقوة في كتابها «قيمة كل شيء» *The Value of Everything*، الصادر في عام 2018، أنه ينبغي للدول أن تتيح تطبيق سياساتٍ اقتصادية تمنح الأولوية للرخاء والاستدامة. وهذه أيضًا هي المسألة التي يتناولها بانيرجي ودوفلو في كتابهما «أفكارٌ اقتصادية جيدة للأوقات العصيبة». وعلى غرار كروجمان، فإنَّهما ينتقدان السياسات غير المُثبَتة، أو القائمة على أدلةٍ ضعيفة، غير أنَّ نهجهما لا يقوم على المجادلة، بقدر ما يترك تلك المهمة للأبحاث والدراسات.

الإجماع، والجدل

تستكشف الدراسات التي يستشهد بها بانيرجي ودوفلو موضوعاتٍ ساخنة، مثل التغيُّر المناخي، والهجرة، وجدوى النمو الاقتصادي المستمر. ويجمع المؤلفان الأدبيات المتعلقة بما هو مُتفقٌ عليه من نظريات، وبما هو مثيرٌ للجدل، بطريقةٍ ممتعة، ويسهل فهْمها. لكنَّ عملهما ينطوي على ثغرات، إذ كان من الممكن لهما أن يثريا أفكارهما حول فوائد الأنظمة البيئية، وتأثير النمو الاقتصادي المدفوع بالاستهلاك على التغيُّر المناخي، وعلى التنوع البيولوجي، وذلك من خلال الإشارة إلى أفكار كايت راوورث، وتيم جاكسون حول الآثار البيئية الناجمة عن النمو الاقتصادي المطرد، وأفكار بارثا داسجوبتا حول قيمة التنوع البيولوجي.

وبينما لا يهدف بانيرجي، ودوفلو في كتابهما إلى طرح سردياتٍ كبرى تفوح منها رائحة الفِكر الاقتصادي القديم،



JIM DAVIS/*THE BOSTON GLOBE* VIA GETTY

يدعم أبهيجيت بانيرجي، وإستر دوفلو تجربة السياسات الاقتصادية ميدانيًّا، لا سيما في الدول منخفضة الدخل.

فهما يحتاجان إلى التعبير عن نهجهما بعباراتٍ سردية بالفعل، وإلا فسيبذلان جهدًا هائلًا لنشر أفكارهما. وحسبما أوضح بومايكر، فإنَّ ما يرغب فيه الرؤساء الأمريكيون هو سماع النهايات السعيدة للأفكار الاقتصادية، وليس أن ينصتوا إلى قائمةٍ مضجرة من الخيارات تُطرَح عليهم، كما لو كانوا في ندوةٍ نقاشية، إذ يُقال مثلًا إنَّ الرئيس الأمريكي السابق هاري ترومان قال ذات مرة إنَّه يفضل الاقتصاديين ذوي الرأي الواحد؛ لأنَّه لا يحب سماع عبارة "من ناحيةٍ أخرى". وقد كان باراك أوباما استثناءً في هذا الصدد، إذ كان يتخذ القرارات بعد سماع ميزات الأفكار الاقتصادية وعيوبها.

ومن المؤسف أنَّ كلًا من كتابَي «جدال مع الموتى الأحياء»، و«أفكار اقتصادية جيدة للأوقات العصيبة» لا يتطرقان بعمق إلى ما أرى أنَّه التحدي الحاسم للأجيال الجديدة من استشاريِّي السياسات الاقتصادية، وهو كيفية الحد من

"الاتحاد قوة، والتنوع يؤدي إلى التماسُك".

مخاطر استماع صانعي السياسات فقط إلى الخبراء ذوي الآراء المنحازة إلى أهدافهم. فإذا استمر الباحثون ذوو الأفكار الاقتصادية غير المُثبَتة في تقديم الحجج، دعمًا للنظريات غير المُجرَّبة، سيغزو مزيدٌ من الموتى الأحياء أروقة السُّلْطات.

ويواجه المستشارون العلميون أيضًا هذا التحدي، ولكنْ قد لا يكون بالقدر ذاته. على سبيل المثال.. في التسعينيات، انضمت الحكومات التي تُولي اهتمامًا كبيرًا لصناعتَي النفط والغاز إلى جماعات الضغط القوية المُناصِرة لصناعة الوقود الأحفوري، وذلك للبحث عن خبراء يمكنهم التشكيك في تأثير الأنشطة البشرية على التغيُّر المناخي، لكنَّ الرأي الذي أجمع عليه أعضاء الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ، ودَعَّمه بتفاصيله كلها عددٌ ضخم من الباحثين البارزين، كان له دورٌ محوري في الحيلولة دون اختراق مثل هذه الأفكار المشبوهة للرأي العام (لكنّه لم يَحُل دون انسحاب ترامب من اتفاقية باريس للمناخ، المبرَمة في عام 2015).

لذا.. يحتاج الاقتصاديون إلى تنظيم صفوفهم على نحوٍ مماثل عبر مدارس الفكر الاقتصادي المختلفة، وإلى تضمين أفكار اقتصاد التنمية، واقتصاد البيئة والأنظمة الإيكولوجية، والاقتصاد النسوي في مناهجهم. فالاتحاد قوة، والتنوع يؤدي إلى التماسُك. وهذا يمكن أن يساعد على الحدّ من المفاهيم الاقتصادية غير المجدية التي تُطرَح باستمرار.

وحسبما توضح هذه الكتب الثلاثة، فقد انفتح مجالٌ لطرح أفكارٍ اقتصادية جديدة، في وقتٍ يشيع فيه انعدام المساواة، والانقسامات الاجتماعية والثقافية، ونواجه فيه أزمةً بيئية. وهذه فرصة لتجنب 50 سنةً أخرى من النظريات غير المُثبَتة، التي توجِّه صناع السياسات في أعلى المستويات، كما لو كانت الأدلة لا أهمية لها.

إحسان مسعود محرر بقسم «الافتتاحيات»، ومدير مكتب الشرق الأوسط وأفريقيا في دورية *Nature* بلندن. وأحدث مؤلفاته كتاب بعنوان: «الاختراع العظيم: قصة الناتج المحلي الإجمالي، وصُنْع العالَم الحديث وهَدْمه» *The Great Invention: The Story of GDP and the Making and Unmaking of the Modern World*.



JAMES MACDONALD/BLOOMBERG VIA GETTY

السكر: استخدمت الشركات متعددة الجنسيات الألاعيب التي انتهجتها صناعة التبغ لإعاقة التشريعات التي تهدف إلى خفض استهلاك السكريات.

تقويض الحقائق والترويج للشك

بدءًا من صناعة التبغ، إلى صناعة الأغذية والوقود، تلجأ القطاعات الصناعية في ممارسات الفساد التي تزاولها إلى إنكار الحقائق، وإلى الخداع والتشكيك. **فيليسيتي لورانس**

في عام 2017، صاغت كيليان كونواي- خبيرة الاستراتيجيات للإدارة الرئاسية الأمريكية- مصطلح «الحقائق البديلة» في سياق تبريرها إعلان أرقام غير حقيقيّة عن عدد حاضري مراسم تنصيب دونالد ترامب. وعبّر كثير من المُعلقين عن شعورهم بالأسى، لأننا ندخل حقبة جديدة من «التفكير المزدوج»، حسب مصطلح الكاتب جورج أورويل.

إننا نعيش بالفعل في زمن تُقلَب فيه الحقائق، حسبما يوضح ديفيد مايكلز -عالم الأوبئة، وواضع نُظم السلامة السابق- في سرده المؤلم للغاية عن قطاع أعمال قائمٍ على إنكار الحقائق، وذلك في كتابه «انتصار الشك» *The Triumph of Doubt*، فالأخبار التي لا تلقَى هوى عند سامعيها يُطلق عليها سريعًا: أخبار مزيفة. والدلائل المزعجة التي تصدر عن جهات مستقلة -لنَقُلْ مثلًا حول الانهيار المناخي، والوقود الأحفوري، أو تلوث الهواء، وانبعاثات الديزل- تُصنَّف على أنها علم تافه، وتُواجَه بدراسات تنطوي على زيف وتلاعب، تُزْعَم سلامتها.

إلا أنه سيكون من الإجحاف أن ننظر إلى تقويض الحقيقة بوصفه حِكرًا على السياسيين الشعبويين المعاصرين، فتطبيع إنتاج حقائق بديلة هو مخطط يجري إعداده منذ وقت طويل. وعلى مدار عقود، دشَّنَت شركات الخدمات الاستشارية -التي تتخصص في الدفاع عن منتجاتٍ تضر المجتمع والمناخ، بدايةً من منتجات التبغ، حتى الكيماويات الصناعية- صناعةً قائمة على إنكار الحقيقة. وتُعيِّن هذه الشركات علماءَ مرتزقة، للقيام بدور مهم في إضفاء مصداقية لادِّعاءاتها الكاذبة.

انتصار الشك: التمويلات المستترة وعِلْم الخداع.
ديفيد مايكلز، دار نشر جامعة أكسفورد (2020).

منظومة الإنكار

كان مايكلز من بين أوائل العلماء الذين تمكّنوا من الكشف عن منظومة إنكار الحقائق تلك في كتابه الصادر في عام 2008، بعنوان «الشك بضاعتهم» *Doubt is Their Product*. أما عمله الأخير، فيجمع توليفة من البحوث الموثوق فيها، التي أُجريت حول منظومة الإنكار هذه، والتي نُشرت منذ وقت صدور كتابه في عام 2008. وقد أضاف إليها تصوراته الجديدة، المستقاة من معارك خاضها للتحكم في الآثار السامة لمجموعة من المواد، فهو يتناول -على سبيل المثال- البيرفلوروألكيل، والبوليفلوروألكيل، اللذين يُستخدَمان على نطاق واسع في صناعة الأغلفة غير اللاصقة، والمنسوجات، ورغوة إطفاء الحرائق. كما يتطرق إلى الآثار الضارة للكحول، والسكر، والدور -محل الجدل- الذي تلعبه مبيدات الآفات واسعة الانتشار القائمة على الجليفوسات، في التسبب السرطان، ويتصدى أيضًا لإدمان المسكنات الأفيونية الموصوفة طبيًّا، ذلك الإدمان الذي يُعَد بمثابة وباء فتاك. وفي كل حالة من

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

هـذه الحـالات، يُوثِّـق مايكلز كيـف اسـتخدمت الصناعـة ذات الصلـة مجموعـة أدوات، للتهويـن مـن مخاطـر منتجاتهـا؛ عـن طريـق نشـر معلومـات مضللـة، وإخفـاء أدلـة علـى وجـود ضـرر مـن هـذه المنتجـات، وتقويـض السـلطات. وكلها أسـاليب مسـتوحاة من حيل سابقة كانت تقـوم بهـا صناعـة التبغ.

إن كلمة الشـك في عنوانَي كتابَي مايكلز، مسـتوحاة من مذكرة صارت مشـهورة اليوم، كَتَبها في عام 1969 مدير تنفيـذي لـم يُفصِـح عـن اسمه، يعمـل فـي شـركة تابعـة لشـركة «بريتيـش أمريـكان توباكـو» British American Tobacco. وقـد أوضحـت المذكـرة اسـتراتيجية متبَعَـة للحفـاظ علـى مبيعـات السـجائر، إذ جـاء فيهـا التالـي: "الشـك هـو منتجنـا، لأنـه أفضـل وسـيلة للتغلّـب علـى «هيـكل الحقائق» الموجود فـي أذهان عامة الأفراد. وهو أيضًـا وسـيلة لإثـارة الجدل". ومـن خلال إنتـاج معلومات علميـة مضللـة حـول العلاقـة بيـن التبـغ والأمـراض، فإن هـذه الاسـتراتيجية الخبيثـة قـد أخَّـرت إصـدار القوانيـن لعقـود، ووفـرت حمايـة لأربـاح بعض الشـركات.

يعـود منظـور مايكلـز -المطّلـع مـن الداخـل علـى منظومـة التشـكيك هـذه- إلـى عـام 1998، عندمـا أصبح مسـؤول السـلامة الرئيـس عـن منشـآت الأسـلحة النوويـة فـي وزارة الطاقـة الأمريكيـة، وذلـك خـلال إدارة الرئيـس الأمريكي بيـل كلينتـون. آنـذاك، أتيـح لـه إلقـاء نظرة عن كثـب علـى الحيـل التـي يسـتخدمها أصحـاب المصالـح الخاصـة لمنـاوأة العلـوم الراسـخة، وترهيـب السـلطات، وتقويـض القانـون. ففـي كتابـه الأول، يصـف كيـف أن «الصناعـات القائمـة علـى الدفـاع عن المنتجـات الضارة» قـد طبّقـت الأسـاليب التـي اسـتخدمتها فـي حالـة التبغ، علـى الأَسْبِسـت، والرصـاص، والبلاسـتيك، والمـواد السـامة، مثـل البريليـوم المسـتخدَم فـي التطبيقـات النوويـة.

وتجـدر الإشـارة إلـى أنه فـي الفترة من عـام 2009 إلى عـام 2017، عَيَّـن الرئيـس الأمريكي بـاراك أوبامـا مايكلـز فـي منصـب «كبيـر واضعـي القوانيـن» في إدارة السـلامة والصحـة المهنيـة (OSHA)، حيـث تسـنى لمايكلـز جمـع المزيـد مـن المعلومات؛ لإظهار كيف أن أسـاليب الخداع تلـك قـد أصابـت المنظومة السياسـية.

تقويـض المنهجية العلمية

تتضمـن مبـادئ البحـث العلمـي اختبـار صحـة إحـدى الفرضيـات، مـن خـلال تقصّـي مناطـق الشـك المحيطـة بهـا، إلـى أن يصبـح لدينـا قـدر كافٍ من الأدلـة؛ للوصول إلـى نتيجـة معقولـة. ويمكـن أن يسـتغرق الوصـول إلـى الإثبـات وقتًـا أطـول. وقـد يسـتغرق الوصـول إلـى التوافـق العلمـي حـول هـذا الإثبـات وقتًـا أطـول. ومـن ناحيـة أخـرى.. فـإن الصناعـات القائمـة علـى الدفـاع عـن منتجـات ضـارة تقـوّض هـذه المبـادئ، مسـتخدِمة الشـك المتأصـل فـي هـذه العمليـة كسـلاح لهـا. وتتضمن الحيـل التـي تعمـد إليهـا هـذه الصناعات تسـليط الضوء علـى الآراء المغايـرة، حتـى لـو كانـت قليلـة، وانتقـاء البيانـات المنحـازة، وإعـادة تحليل النتائـج؛ للوصول إلى اسـتنتاجات مختلفـة، وتوظيـف أشـخاص علـى اسـتعداد للتلاعـب بمنهجيـات البحث العلمي، بغرض إصـدار نتائج يرغـب فيهـا الممولـون.

يقـرّ مايكلـز بفضـل دراسـات أخـرى تناولـت موضـوع الشـك، مـن بينهـا الدراسـة التـي قـام بهـا المؤرخـان العلميـان ناوومـي أوريسـكيس، وإيريـك كونـواي فـي كتابهمـا «المتاجـرون بالشـك» *Merchants of Doubt*، الصـادر فـي عـام 2010، والكتـب المتعـددة لعالمـة الأغذيـة ماريـون نيسـل حـول قطـاع الأغذيـة، مثـل كتاب «سياسـات الصـودا» *Soda Politics*، الصـادر فـي عـام 2015، وكتـاب «الحقيقـة المُـرة» *Unsavory Truth*، الصـادر فـي عـام 2018؛ وكذلـك كتـاب الصحفيـة جيـن مايـر «التمويـلات المسـترة» *Dark Money*، الصـادر في عـام 2016. والكتـاب الأخيـر تَتَبَّـع التمويـلات التي تربط بيـن إنكار التغيُّـر المناخـي، والاتجاه النابع عن أيديولوجيا اليميـن المتحـرر، الـذي يدفع ناحيـة تقليـص دور الدولة، وتحريـر مجـال الصناعـة مـن أي قيـود تنظيميـة.

> **"أدَّى إنتاج معلومات علمية مضللة إلى تأخير إصدار القوانين لعقود، وحماية أرباح الشركات".**

ويـورِد مايكلز أسـماء الأشـخاص المسـؤولين بلا خوف، مشـيرًا بأصابـع الاتهـام إلـى المشـاركين فـي الدفـاع عـن المنتجـات الضـارة، والمجموعـات التـي تلعـب دور الواجهـة لهـم، ومراكـز الأبحاث التي تتظاهر باسـتقلالها، بينمـا تتلقى الأموال من قطـاع الصناعة. وبإمكان الراغبين فـي مراجعـة صحـة مزاعـم مايكلـز أن يجـدوا العديـد من المسـتندات المرجعيـة التـي لـم تكـن متاحـة في السـابق، والتي تمت أرشـفتها في مجموعة الوثائـق الخاصة بكتاب انتصـار الشـك علـى الرابـط: https://toxicdocs.org.

الغش في الانبعاثات

كثيـر مـن الشـواهد التـي يوردهـا مايكلـز يبعـث علـى الغضـب والاسـتياء، بيـد أن هنـاك حكايتيـن تبـرزان -علـى وجـه الخصـوص- مِـن بيـن مـا كتبـه. إحداهمـا هي المخالفـات الصارخـة لشـركة صناعـة السـيارات الألمانيـة «فولكـس فاجـن» Volkswagen فيمـا يخـص محـركات الديـزل التـي تنتجهـا، إذ طـورت الشـركة برمجيـة سـرية، حتـى تتمكـن هـذه المحـركات مـن خـداع الاختبـارات المتعلقـة بالانبعاثـات. وهـو مـا يسـمح لسـياراتها -عـن طريـق الاحتيـال- باجتيـاز فحـص الولايـات المتحـدة الصـارم للجزيئـات المسـببة للأمراض فـي عـادم الديزل.

وهـذا الاكتشـاف أزاح السـتار عنـه فـي عـام 2014 طلاب كانـوا يعملـون لحسـاب مجموعـة ضغـط، هـي المجلـس الدولي للنقل النظيف في العاصمة واشـنطن. وهو كشْف أكَّدَتْـه فـي العـام التالـي وكالـة حمايـة البيئـة الأمريكيـة. وروايـة مايكلـز فـي ذلـك الصدد عـن العلماء المسـتعدين للتلاعـب بالبيانـات لتظهـر بصـورة مقبولـة، سـعيًا لدعم هـذا النشـاط الإجرامـي، هـي بمثابـة أدلـة جنائيـة.

أمـا الحكايـة الثانيـة، فتتمثـل فـي وصفـه للمعركـة المسـتمرة التي خاضها لأعوام في إدارة السلامة والصحة المهنيـة، بهـدف تقليـل تعـرض العمـال لجسـيمات السـيليكا مـن الرمـال المسـتخدَمة في عشـرات المجالات الصناعيـة، من الإنشـاءات إلى تصنيع الصلب، والتكسـير الهيدروليكـي. وقـد عمـل مـع 50 موظفًـا علـى الأقل في فحـص الأدلـة، وواجـه دعـاوى قضائيـة، ووابـلًا مـن الاعتراضـات المسـتنِدة إلى أبحاث علمية شـابها التزوير.

ومايكلـز -الـذي لـم يعـد مقيـدًا بمـا يمليـه دوره عليه كمسـؤول حكومـي غيـر مـوال لحـزب- يوجـه انتقـادات خاصـة للحـزب الجمهـوري. ويرى أن مسـؤولي الشـركات الملوِّثـة، ومصنعـي المنتجـات الخطـرة يعتمـدون -منـذ زمـن طويـل- علـى الحـزب، لتحييـد دور هيئـات الصحـة العامـة، والهيئـات التنظيميـة، باسـتخدام خطـاب زائـف عـن الحريـة، ومشـروعات السـوق الحـر. ويوضـح مايكلز أنـه يرغـب فـي وضـع تشـريعات أقـوى، لا لأنـه لا يكترث الحريـة، حسـبما يقـول، ولكـنْ لأنـه لا يمكننـا أن نكـون أحـرارًا، دون أن تحمينـا الدولـة مـن الأضـرار.

وكتـاب «انتصـار الشـك» مكـدس أحيانًـا بالتفاصيـل التقنيـة، وهـي ضرورية في ضـوء أن مايكلز يدفع بقضيته فـي مواجهـة شـركات يُعـرف عنهـا أنهـا تقاضِـي منتقديها. وهـو كتـاب مهـم، ينبـئ عـن شـجاعة، ويـدق ناقـوس الخطـر؛ لينبـه إلـى الفسـاد الممنهـج فـي العلـوم.

فيليسيتي لورانس مراسلة خاصة لصحيفة «ذا جارديان» *The Guardian* في لندن، ومؤلفة كتابَي «ما لا يذكره المُلصق» *Not on the Label*، و«الأثر المدمر لصناعة الغذاء على القلب» *Eat your Heart out*

البريد الإلكتروني: felicity.lawrence@theguardian.com



DOMINIQUE FAGET/AFP VIA GETTY

رجل يصلي في الرغوة التي سبَّبَتْها الملوثات في نهر ياموْنا في مدينة نيودلهي.



GETTY

خطوط زمنية متداخلة للمدينة الفاسدة المزدوجة

رواية بقلم عملاق الخيال العلمي ويليام جيبسون تجعلنا نفكر بشأن المستقبَل الذي نتمناه. **ليزيث فينيما**

تدخل يونيس الغرفة وهي تقول بخفة: "ها قد وصلنا". وبهذه العبارة تطل في الصفحة الثالثة من رواية ويليام جبسون «الوكالة» *Agency*، التي تندرج تحت أدب الخيال التأملي. على الفور تروق لي، فيونيس صاحبة الشخصية واسعة الحيلة، وسريعة البديهة، وحادة الذكاء، تكون في مهمة خطيرة لمَنْح العالَم فرصة عادلة لدرء سقوط البشرية، بيد أنها لا تضيع وقتًا في الانشغال بالعُقَد الوجودية، كما أنها تتميز بلطف كبير (وتملك رسمًا مصورًا سهل التناول، يوضح البناء السردي لفيلم «استهلال» *Inception*، الذي عُرِض في عام 2010).

وإنْ بدت يونيس مثالية للغاية، فهي كذلك. وهي مساعِدة شخصية، تعمل بالذكاء الاصطناعي، ذاتية التحكم، مطوَّرة بتقنية تسبق عصرها على نحو غامض، أُرسِلَت إلى مختبر بطلة القصة الحقيقية، فيريتي جين، التي ستختبر نسختها التجريبية. تنطوي رواية «الوكالة» على جولة محمومة خلال عوالم تهيمن عليهما الحاجة إلى استغلال أحدث التطورات التكنولوجية؛ لدرء الكوارث العالمية، أو التخفيف منها.

ولكي تفهم يونيس مهمتها، وتنجزها، فهي بحاجة إلى فيريتي، كما يجب عليها أيضًا الإفلات من تَدَخُّل الشركة التي صنعتها. تلجأ يونيس إلى كافة أنواع الإجراءات التقنية العالية، كي تَحُول دون تنصُّت الشركة على محادثاتها مع فيريتي، وبالتالي اكتشاف خططها المُحْكَمة لتتحرر من براثنها. وتوظف يونيس عملية إحداث صوت صناعي بتقنية التزييف العميق؛ لحَجْب النقاشات التي تدور في الشقة التي يعيش فيها الثنائي. كما تستعين بموظفين مستقلين، ليصنعوا طائرات بدون طيار متطورة جدًّا؛ لرصد متعقبيها، بل وتختفي يونيس في اللحظات الحاسمة، موزعة نفسها إلى أجزاء كثيرة؛ لتجهِّز نفسها لعملية إعادة التشغيل. وبطبيعة الحال، يصيب هذا كله فيريتي بالحيرة، وهو الشعور الوحيد على الإطلاق الذي تبديه. فمِن الصعب أن تهتم بشخصية خالية تمامًا من المشاعر الإنسانية، لكننا سرعان ما ندرك أن البديل لفيريتي قد يكون هو الهلع المستمر؛ إذ إن عالَمها محاط بكوارث مناخية تحدث يوميًّا، كما أنه على شفا اندلاع حرب نووية. ويتبين لنا أنها تعيش في خط زمني متفرع من خطّنا الزمني الحقيقي في 2015. كما يصيبنا جيبسون بدهشة كبيرة حين يذهب بنا إلى قرنين في المستقبَل، وتتنقل الرواية بين هذين الخطين الزمنيين.

الوكالة

وليام جيبسون بيركلي (2020)

وهكذا، نجد أنفسنا مجددًا في عالَم «الطرف» *The Peripheral* (2014)، وهي رواية جيبسون السابقة، التي يتبنّى فيها وجهة نظر بارعة عن السفر عبر الزمن، تتجنب المفارقات المعتادة. ففي وقت ما من المستقبَل، تتطور تكنولوجيا الفضاء الإلكتروني؛ حتى تصل إلى مرحلة يمكن عندها إرسال رسائل رقمية إلى الماضي. وما إنْ تُستلَم رسالة، ينشأ خط زمني جديد. ويُطْلِق جيبسون على هذه الخطوط الزمنية اسم الوصلات "Stubs". ومع إنشاء رابط رقمي، يصبح ممكنًا أن تشغل من خط زمني شيئًا ماديًّا عن بُعْد -مثل آلة، أو روبوت، أو «آفاتار» مسيَّر آليًّا، يسمَّى الطرف- في خط زمني آخر.

وتبقى هوية مَن ينشئ هذه الوصلات غامضة، لكننا نكتشف أن خط فيريتي الزمني كان مصمَّمًا بخبث، ليجلب الشقاء للبشرية، مع أن دونالد ترامب لم يصبح فيه رئيسًا، كما أن استفتاء المملكة المتحدة للبقاء في الاتحاد الأوروبي، أو مغادرته، قد فاز به أنصار البقاء؛ والمفارَقة جليّة.

على الجانب الآخر.. لم يحظ خطّنا الزمني بمصير أفضل؛ إذ تُظهِر لمحات خاطفة من لندن في القرن الثاني والعشرين أن البشرية تنجو بصعوبة، بعد أن تعرضت لاضطراب سياسي عنيف، وتغيُّر في المناخ، وارتفاع في نسبة الفقر والجريمة المنظَّمة. ويبدو السبب الوحيد وراء بقاء جنسنا البشري على قيد الحياة هو ظهور التطورات التكنولوجية المهمة في وقتها. وتستطيع فيريتي الالتقاء بشخصيات في لندن المستقبل، في محاولة منها أنْ توجّه عالَمنا نحو محصّلة أقل كارثية.

بعد هذا اللقاء الاستثنائي، تقل الإثارة.. فتصوير جيبسون لواقع يخلو من ترامب، و(بريكسيت)، مع أنه محاط بالكوارث، يفتقر إلى المتعة، حيث نسمع بين الحين والآخر عن ظهور تليفزيوني لرئيسة، ربما في تجسيد لهيلاري كلينتون، التي تبدو فيها هادئة، وقادرة على التصرف في مواجهة كل كارثة. وحين ظهرت دعاية الترويج للراوية، تم التركيز على هذا السيناريو؛ لكنْ رغم الأسئلة الكبيرة التي يثيرها، يبقى المفهوم مختزَلًا في القصة.

يتميز السرد إجمالًا بالتعقيد والإثارة، وإنْ كان طاقم العمل المؤلَّف من عشرات الشخصيات التي تعمل معًا في تخصصات متميزة، كتصميم طائرات بدون طيار، وتنظيم الفعاليات، يشوبه الجمود والملل أحيانًا. وتُستثنى من ذلك -بجانب يونيس- شخصية آينزلي لوبير. فقد تملكتني رغبة عارمة في أنْ أعرف الكثير عن هذه المخبِرة السرية المميزة شبه الخارقة، القادمة من لندن المستقبل. فهي تملك سيارة قادرة على الاختفاء، وقادرة على جعْل الفضاء يُفرِّغ نفسه من حولها، كما أنها المحرك الرئيس لمحاولات تنسيق تغييرات بسيطة بين الخطوط الزمنية الأخرى؛ للمساعدة في استقرارها، وعلى سبيل المثال.. بدفع يونيس لممارسة سُلْطة أكبر.

إنّ الحوار في القصة مفعم بالحيوية، ولا يخلو من المصطلحات التقنية. ورغم أن تطوُّر الشخصيات محدود، إلا أنّ التفاعل بين البشر والتكنولوجيا المتطورة موصوف بتفاصيل مدهشة. في الواقع، تقدِّم رواية «الوكالة» اختلافًا مثيرًا عن فكرة الذكاء الاصطناعي المحدود المبتذلة.

تملك يونيس مجموعة مهارات تحاكي تلك التي تتمتع بها مسؤولة البحرية، الأمريكية من أصل أفريقي، مارلين ميلر. فهي تقدِّم نفسها كمواطنة عالمية مستقلة، ولا تشغل نفسها أبدًا بالتفكير في مسألة ما إذا كانت مرهفة العواطف، أم لا. لقد أراد جيبسون أن يبعث برسالة، مفادها: استعد للأسوأ، ولا تُعادِي التكنولوجيا.

ليزيث فينيما رئيس تحرير دورية «نيتشر ماشين إنتيليجنس» *Nature Machine Intelligence*

علم المناعة السرطاني

الخلايا البائية تتقدم العلاجات المناعية

توليا سي. برونو

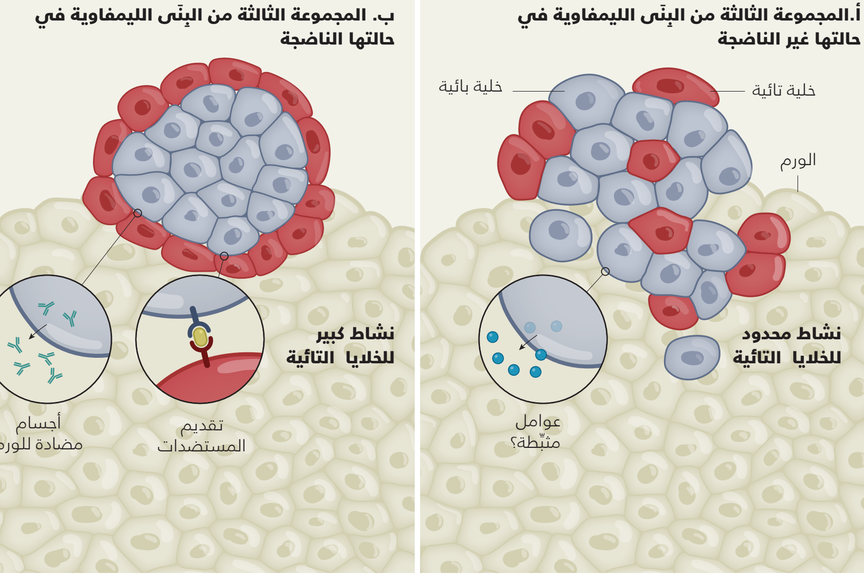
ثلاث دراسات تكشف أن وجود عنصرين مناعيين أساسيين في الأورام السرطانية -هما الخلايا البائية، والمجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية- يرتبط بنتائج إيجابية في الأفراد عند تَلَقِّيهم العلاج المناعي.

تهدف علاجات السرطان المناعية المُتَّبَعة حاليًّا إلى تنشيط نوع من الخلايا المناعية، يُطلق عليه الخلايا التائية القاتلة، بهدف مهاجمة السرطان، غير أن هذا النوع من العلاج لا يحقق فائدة إكلينيكية مستمرة، إلا في 20% فحسب من الأفراد المصابين بالمرض[1]. وقد يساعدنا التركيز على خلايا مناعية أخرى موجودة في أورام المرضى على تحسين نتائج العلاج. وفي الوقت الحالي، تُظهر ثلاث دراساتٍ -أجراها كل من الباحثة كابريتا وزملاؤها[2]، والباحث بيتيتبريز وزملاؤه[3]، والباحثة هيلمِنك وزملاؤها[4]- أن وجود الخلايا البائية داخل الأورام البشرية، في حجيرات، يُطلق عليها المجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية (TLS)، يرتبط باستجابةٍ إيجابية للعلاجات المناعية. وتمثل هذه الدراسات التكميلية إضافة إلى مجموعة الأدوات المستخدَمة في العلاج المناعي، من خلال تقديم وسائل جديدة للتنبؤ بمآل المرض.

كان يُنظر إلى وجود الخلايا البائية في الأورام السرطانية باعتباره مؤشرًا ينبئ بزيادة معدَّل بقاء المرضى على قيد الحياة[5,6]، لكنْ وردت تقارير، بعضها يدعم وجود دور للخلايا البائية في الأورام، وبعضها الآخر ينفيه[7]. وتعكس هذه التقارير المختلفة الأدوار المتعددة التي يمكن أن تلعبها الخلايا البائية في الأورام. فمِن العناصر التي تلعب دورًا في أداء الخلايا البائية لوظيفتها في مكافحة الورم، عملية تنشيط هذه الخلايا. وتَستلزِم عملية التنشيط تلك ارتباط البروتينات المشتقة من الورم ببروتين المستقبِلات الموجودة علي سطح الخلية البائية، ثم يَستلزِم التنشيط معالجة هذه البروتينات المشتقة من الورم، لإنتاج جزيئات أصغر، تُسمَّى المستضدات. وتشارك عوامل مساعدة إضافية في عملية التنشيط. ومن هنا، تستطيع الخلايا البائية المُنشَّطة أن تُطلِق أجسامًا مضادة تقوم بوَسْم خلايا الورم، حتى تَجري مهاجمة خلاياه عن طريق عناصر خلوية فاعلة أخرى في الجهاز المناعي (وهي عملية تُعرف بموت الخلايا المعتمد على الأجسام المضادة)[8]. كما يمكن للخلايا البائية المُنشطة أن «تُوجِّه» الخلايا التائية عن طريق تقديم مستضدات الأورام إليها. وهو ما يُمكِّن الخلايا التائية من استهداف خلايا الورم بشكل فعال[9]. ومع ذلك.. يمكن أيضًا للخلايا البائية في الأورام أن تنتِج عوامل مثبِّطة تعوق وظيفة الخلايا المناعية (الشكل رقم١). وقد تتمثل هذه العوامل في جزيئات تبعث بإشارات، وتُثبِط الجهاز المناعي[7,10,11]، وقد تتمثل أيضًا في جزيئات مثبطة موجودة علي سطح الخلايا البائية، تقلل من قدرة الجسم على استهداف خلايا الورم، وقتْلها.

تتكون المجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية من تكتلات للخلايا المناعية (في الغالب من الخلايا التائية والبائية) تنشِئ استجابةً لمحفزٍ مناعيّ. وتقوم هذه المجموعة في حالتها الناضجة برعاية نمو الخلايا البائية ووظائفها في منطقة داخلية من هذه البِنَى، تُعرف بمركز التَّنَش، وفي المقابل لا تحتوي المجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية في حالتها غير الناضجة على مراكز تَنَش مناسبةٍ. ولهذا.. فقد لا تقدم الرعاية اللازمة لأداء الخلايا البائية لوظائفها على أكمل وجه. كما أنّ وجود المجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية في الورم يرتبط بزيادة معدل بقاء المرضى على قيد الحياة في العديد من أنواع السرطان[12]. وتؤكد الدراسات الثلاث القائمة سالفة الذكر هذا السلوك في سياق العلاج المناعي، موضحةً أن ارتشاح الخلايا البائية في الورم -بالتزامن مع وجود المجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية- يرتبط باستجابة أفضل لهذا النوع من العلاج.

وقد قامت كابريتا وزملاؤها بدراسة مصابين بنوع من السرطان، يسمى سرطان الخلايا الصبغية النُّقيلي، كما قام بيتيتبريز وزملاؤه بدراسة الأشخاص المصابين بالساركومة، وهو سرطان يصيب العظام. ووجد الفريقان أن وجود الخلايا البائية في المجموعة الثالثة



الشكل 1 | أوجه متعددة للخلايا البائية في بيئة الورم الميكروية. يُعتقَد أن للخلايا البائية أدوارًا متعددة في تعزيز قدرة الجهاز المناعي علي قتل خلايا الأورام، أو تثبيطها. وهذا يعتمد على ما إذا كانت هذه الخلايا توجد داخل الطور الناضج، أم غير الناضج من حجيرات منفصلة تُدعى المجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية (TLS)، وهي (تضم أيضًا الخلايا التائية). أ. فيما يخص المجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية غير الناضجة ذات التركيب المفكك، تشير إحدى النظريات إلى أن الخلايا البائية تنتج عوامل مثبطة للمناعة في هذه الحالة. وهذه العوامل قد تكون جزيئات تُطلِقها الخلايا البائية، تثبط استجابة الخلايا المناعية الأخرى، وقد تكون جزيئات موجودة على سطح الخلايا البائية، تمنع استهداف خلايا الورم وتدميرها. وقد تَظهَر أيٌّ مِن آليات التثبيط هذه إذا كان هناك قَدْر أقلّ من التفاعل بين الخلايا البائية، والخلايا التائية، وتفاعل أكبر مع الورم الخبيث. والآن، تقدِّم ثلاث دراساتٍ[2-4] دليلًا غير مباشر على أن وجود المجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية في حالتها غير الناضجة يرتبط بنشاط منخفض للخلايا التائية في الأورام. ب. على النقيض من ذلك.. تُطلِق الخلايا البائية الموجودة في المجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية الناضجة مُحْكَمة التركيب أجسامًا مضادةً يمكنها استهداف الأورام. ويمكن للخلايا البائية أن تقدِّم البروتين المشتق من الورم، الذي يُسمَّى بالمستضد (باللون الأصفر) إلى الخلايا التائية الموجودة في الورم، وهو ما يؤدي إلى تنشيط الخلايا التائية. وتشير هذه الدراسات إلى أن وجود الخلايا البائية في المجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية في حالتها الناضجة يرتبط بزيادة نشاط الخلايا التائية، وهو ما يحسِّن قدرة الجهاز المناعي على استهداف خلايا الورم، ويزيد من احتمالات استجابة الورم للعلاج المناعي.

من البِنَى الليمفاوية في الورم قبل العلاج كان مرتبطًا بازدياد احتمالية استجابة أورام المصابين للعلاج المناعي. وبرهنت هيلمنك وزملاؤها على صحة هذه النتائج فيما يخص سرطان الخلايا الصبغية النقيلي، وأبلغت عن وجود الاتجاه نفسه أثناء عملية المعالجة الأولية لسرطان الخلايا الكلوية. وأوضح هؤلاء الباحثون أيضًا أنه -أثناء العلاج- تكون المجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية أكثر شيوعًا عند الأشخاص الذين تستجيب أورامهم للعلاج، مقارنةً بهؤلاء الذين لا تستجيب أورامهم له. وهذه العلاقة الزمنية مهمة، فقبل العلاج، إذا كانت المجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية موجودةً، فمن الممكن اعتبارها مؤشرًا للتنبؤ باستجابة المريض للعلاج المناعي، في حين يشير وجودها أثناء العلاج إلى تعرُّض تشكيلاتٍ رئيسةٍ من الخلايا المناعية لتوجيه يدفعها إلى تكوين هذه المجموعة. وتحديد هذه التشكيلات الخلوية قد يساعد على تصنيع علاجاتٍ جديدةٍ وفعالةٍ تَعتمِد على المناعة.

اكتشفت المجموعات البحثية الثلاث أن وجود الخلايا البائية، وبصمة المجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية، كانا عادةً أكثر وضوحًا في الحالات المستجيبة للعلاج، مقارنة بغير المستجيبة. وفوق ذلك.. كانت هذه البصمة أكثر وضوحًا من البصمة المعتادة للخلايا التائية، التي تُستخدَم حاليًّا لفهْم نتائج العلاج المناعي. ويشير هذا إلى أن الخلايا البائية والمجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية يمكنهما أن يلعبا دورًا محوريًّا في المقاومة المناعية للأورام.

وبالإضافة إلى هذه النتائج التي تدعم بعضها بعضًا، ألقت كل دراسةٍ الضوءَ على دور فريد من نوعه للخلايا البائية، أو المجموعة الثالثة من البنى الليمفاوية في المقاومة المناعية للأورام، فأولًا: أوضحت كابريتا وزملاؤها أن الخلايا البائية داخل المجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية تتآزر مع الخلايا التائية القاتلة، التي يمكن أن تستهدف خلايا الأورام في النهاية. وثانيًا، وصف بيتيتبريز وزملاؤه بصمات تميز المجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية في حالتها الناضجة، في أورام الساركومة. وقد تدل هذه النتائج ضمنيًّا على أن المجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية في حالتها الناضجة يمكنها أن توجد في أماكن إصابةٍ بالورم، لم يكن يُعتقَد -في العادة- أن الخلايا المناعية ترتشح فيها، وهي ظاهرة لم تُثبَت من قبل. وثالثًا: وجدت هيلمنك وزملاؤها أن مستقبِلات الخلايا البائية أكثر تنوُّعًا لدى المستجيبين للعلاج، مقارنةً بغير المستجيبين. ويشير هذا إلى أن مجموعات الخلايا البائية عند المستجيبين للعلاج ربما تملك قدرة أكبر على التعرف على مستضدات الأورام بصورة دقيقة، مقارنة بالخلايا البائية عند مَن لا يستجيبون للعلاج.

وتعتمد هذه الأوراق البحثية الثلاث على براعة تقنية، إذ تستخدم بيانات مُحكمة من الناحية الإحصائية لمجموعات المرضى، لتجعل الخلايا البائية والمجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية في صدارة المقاوَمة المناعية للأورام. ومع ذلك.. فما زال هناك الكثير مما يجب معرفته، حيث يجب إيلاء المزيد من الاهتمام لفهْم كيفية تكوُّن المجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية في الأورام. ومن الواضح أن هذه البِنَى متنوعة، ويمكن أن تكون في صورة ناضجة، أو غير ناضجة. فما الذي يعنيه هذا التنوُّع إذن فيما يخص وظيفة الخلايا البائية في المجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية، وما الذي يتسبب في تحفيز "نوع" بعينه من هذه البِنَى، بدلًا من أنواع أخرى؟ ويجب كذلك وضْع إسهام العوامل البيئية -مثل التدخين، والعدوى الفيروسية والبكتيرية- في الاعتبار، جنبًا إلى جنبٍ مع جنس الشخص، وعمره، ونوع الورم.

ويجب أن يتساءل الباحثون أيضًا عمّا إذا كان من الممكن أن يجري بانتظام تحفيز المجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية في حالتها الناضجة للتكوُّن في الأورام، أم لا؛ من أجل تحقيق الاستفادة القصوى من المناعة المعتمدة على الخلايا البائية. وستتطلب دراسة هذا الموضوع إجراء أبحاثٍ على الخلايا البائية، والمجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية في الأشخاص الذين لم يخضعوا للعلاج بعد، إلى جانب وضع نموذج دقيق لبيئة الأورام البشرية الميكروية. وتشير الأدلة الحالية إلى أن الخلايا البائية تعرقل -في الواقع- الاستجابات المقاوِمة للورم في معظم نماذج السرطان في الفئران[13،15]. ومع ذلك.. فإن وجود المجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية نادر في هذه الحيوانات، وقد يغيِّر عدم وجود هذه المجموعة من مصير الخلايا البائية ووظيفتها بالتبعية. وفي واقع الأمر، نحن بحاجة إلى معرفة المزيد عن وظائف الخلايا البائية خارج نطاق المجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية، وذلك لتكوين صورة كاملة عن هذه الخلايا داخل بيئة الورم الميكروية.

وما تزال هناك حاجة إلى تحديد المدى الكامل للوظائف التي تؤديها الخلايا البائية في الأورام. فبالإضافة إلى أدوارها المعروفة في إنتاج أجسام مضادة خاصة بالورم وتقديم المستضدات[8،9]، فمن المحتمل أن تكون لها أدوار أخرى، كتحفيز موت الخلايا المعتمِد على الأجسام المضادة، على سبيل المثال. ومن الضروري أيضًا أن يجري ربط هذه الوظائف بأنواع محددة من الخلايا البائية، وأن يجري تعيين ما إذا كانت هذه الخلايا تقع داخل المجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية، أم خارجها. فمن الجدير بالذكر أن هناك مؤشرات حيوية واضحة تدل على الأنواع الفرعية من الخلايا البائية، لكن ربط هذه الأنواع الفرعية بوظائف في الأورام البشرية من شأنه أن يساعدنا على تصميم علاجات قادرة علي تعزيز وظائف محددة مقاوِمة للورم. وفوق ذلك.. من شأن هذه المعرفة أن تساعدنا على فهْم ما إذا كانت الأنواع الفرعية من الخلايا البائية تؤدي مهام منفصلة، أم لا، أو ما إذا كان هناك تداخل بين هذه الأنواع الفرعية، أم لا. وعلى سبيل المثال.. هل تستطيع الخلية البائية نفسها أن تنتج جسمًا مضادًّا خاصًا بالورم، وأن تقدم المستضدات إلى الخلايا التائية؟ بعض هذه الأبحاث يمكن إجراؤها على الأورام البشرية، لكن الدراسات المتعمقة عن آليات عمل هذه الخلايا ستتطلب وجود نماذج فسيولوجية ذات صلة، تحتوي على مجموعة ثالثة من البِنَى الليمفاوية، تنشأ بصورة طبيعية.

وفيما يتعلق بالدلالات الإكلينيكية، فإن الدراسات الجارية تشير إلى أن العلاجات التي تهدف إلى تعزيز استجابات الخلايا البائية يجب أن تحظى بالأولوية، بوصفها مكمِّلًا للعلاجات المناعية التي تُجرى عن طريق الخلايا التائية. ويجب أن يتساءل الباحثون عمّا إذا كان بالإمكان تصميم الخلايا البائية، أم لا، لتستهدف مستضدات أورام محددة، بطريقة تماثل الجهود الحالية لتصميم خلايا تائية تستهدف المستضدات. وبشكل أعمّ.. هل يمكن تحسين العلاجات المناعية عن طريق تحفيز الخلايا البائية، لتتكون داخل المجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية، بعدما تلقَّى الشخص علاجًا مناعيًّا معتمِدًا على الخلايا التائية؟

بوجه عام.. يجب أن تمثل الدراسات الثلاث الحالية نقطة انطلاقٍ لدراسات مستقبلية تعمل على فهْم آليّات عمل الخلايا البائية، و المجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية في السرطان. وسيكون فهْم الطريقة التي يمكن بها مزْج العلاجات الحالية مع مقاربات تُسخِّر الخلايا البائية، والمجموعة الثالثة من البِنَى الليمفاوية، ضروريًّا لتطوير علاجات مناعية فعالة تَعتمِد على الخلايا البائية.

تعمل **توليا سي. برونو** في قسم المناعة بجامعة بيتسبرج في بيتسبرج، بنسلفانيا 15215، الولايات المتحدة الأمريكية، وكذلك في مركز هيلمان للسرطان، التابع لمركز جامعة بيتسبرج الطبي، بيتسبرج.
البريد الإلكتروني: tbruno@pitt.edu

1. Brahmer, J. R. *et al. J. Clin. Oncol*. **28**, 3167–3175 (2010).
2. Cabrita, R. *et al. Nature* **577**, 561–565 (2020).
3. Petitprez, F. *et al. Nature* **577**, 556–560 (2020).
4. Helmink, B. A. *et al. Nature* **577**, 549–555 (2020).
5. Shimabukuro-Vornhagen, A. *et al. Oncotarget* **5**, 4651–4664 (2014).
6. Germain, C. *et al. Am. J. Respir. Crit. Care Med*. **189**, 832–844 (2014).
7. Shalapour, S. *et al. Nature* **521**, 94–98 (2015).
8. DeFalco, J. *et al. Clin. Immunol*. **187**, 37–45 (2018).
9. Bruno, T. C. *et al. Cancer Immunol. Res*. **5**, 898–907 (2017).
10. Kessel, A. *et al. Autoimmun. Rev*. **11**, 670–677 (2012).
11. Khan, A. R. *et al. Nature Commun*. **6**, 5997 (2015).
12. Sautès-Fridman, C., Petitprez, F., Calderaro, J. & Fridman, W. H. *Nature Rev. Cancer* **19**, 307–325 (2019).
13. Affara, N. I. *et al. Cancer Cell* **25**, 809–821 (2014).
14. Shalapour, S. *et al. Nature* **551**, 340–345 (2017).
15. Ammirante, M. *et al. Nature* **464**, 302–305 (2010).

تكنولوجيا نانوية

دوائر كهربية تُؤدي مهام التصنيف في تقنيات تعلُّم الآلة

سايروس إف. هيرجيبيدين

قد يكون من الصعب استخدام أجهزة الحوسبة العادية لتنفيذ مهمة التصنيف، التي تُعَد إحدى المهمات الأساسية في تقنيات تعلم الآلة، لكنْ من الممكن تطوير دوائر كهربية غير تقليدية قائمة على السيليكون لإنجاز هذه المهمة.

مكّنت تقنيات الذكاء الاصطناعي (AI) الحواسيب من حل معضلات كان يُعتقد في السابق أنَّها تتجاوز قدراتها، بدايةً من هزيمة أفضل الخصوم الآدميين في ألعابٍ معقدة[1]، ووصولًا إلى تشخيص الأمراض آليًّا[2]. لذلك، هناك اهتمامٌ كبير بتطوير دوائر كهربية متخصصة، يمكنها إجراء العمليات الحسابية

لتقنيات الذكاء الاصطناعي بسرعةٍ أكبر، وبقدرٍ أقل من الطاقة، مقارنةً بالأجهزة الحالية. وفي بحثٍ نُشِرَ مؤخرًا في دورية *Nature*، قدَّم الباحث تاو تشِن وزملاؤه[3] دائرةً كهربية غير تقليدية من السيليكون، يمكن تطويرها في مكانها؛ لتنفيذ عملياتٍ أساسية من عمليات تقنيات تعلُّم الآلة.

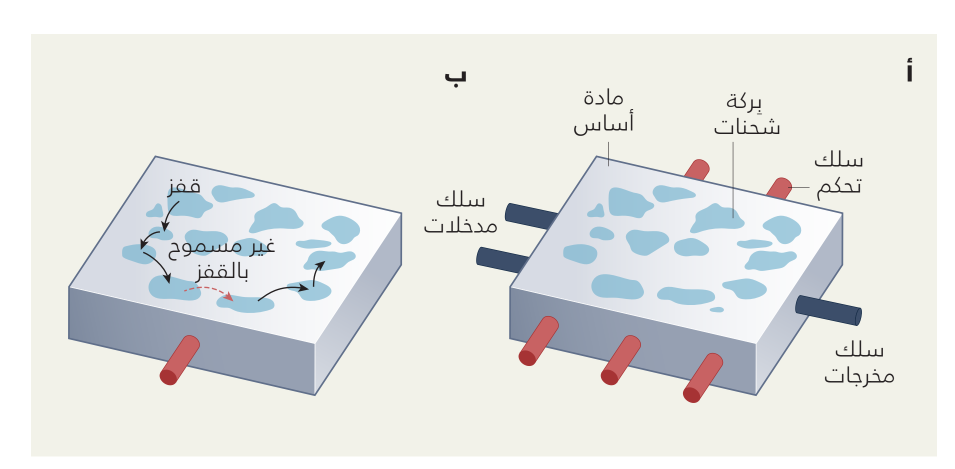
تتفوق الحواسيب العادية في أداء العمليات الحسابية ذات الإجابات المحددة، لكنَّها غير قادرة على التخمين بفاعلية. على سبيل المثال.. إذا كنتَ تفكر في بيع سيارتك، يُعَد الحاسوب أداةً مثالية لحساب متوسط السعر الذي بيعت به السيارات المماثلة، من أجل مساعدتك على تحديد سعر بيع السيارة، لكنْ من خلال تحليل مجموعات البيانات الرقمية الهائلة المتوفرة حاليًّا، يمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي -مثل تعلُّم الآلة- أن تُعلِّم الحواسيب كيفية التوصل إلى توقعاتٍ معقولة. وإحدى العمليات الأساسية التي يمكن لخوارزميات تعلُّم الآلة تنفيذها عند تزويدها بمجموعةٍ كبيرة من المُدخلات (مثل عمر السيارة، وعدد الكيلومترات التي قطعتها) هي التصنيف بالاختيار من بين مجموعةٍ من الفئات، أي تحديد مثلًا ما إذا كانت السيارة في حالةٍ سيئة، أم معقولة، أم جيدة، وبالتالي تحديد ما إذا كان بإمكانك توقُّع الحصول على السعر الذي تريده عند بيعها، أم لا.

واستنادًا إلى بِنْية الدماغ البشري، أحرز العلماء والمهندسون تقدمًا كبيرًا في تطوير أجهزةٍ مصمَّمة خصيصًا لتقلل بشكل كبير من الوقت والطاقة اللازمين لأداء مهامٍ كثيرة جدًّا، مثل التصنيف[4]. وهناك أيضًا كثيرٌ من الأفكار لتصميم الأجهزة غير التقليدية الخاصة بتقنيات تعلُّم الآلة، وهذه الأفكار ما زالت في مراحلها المبكرة، لكنَّها يمكن أن توفر إمكاناتٍ جديدة كليًّا. على سبيل المثال.. يدرس الباحثون حاليًّا ما إذا كان بوسع الدوائر الكهربية القائمة على الموصلات الفائقة -التي تعمل فقط في ظل درجات حرارة تتجاوز الصفر بدرجات قليلة، وتردداتٍ في نطاق الجيجاهرتز، بكفاءةٍ عالية في استهلاك الطاقة- أن تتيح تنفيذ تطبيقاتِ تعلُّم آلة غير ممكنة حاليًّا باستخدام المقارَبات التقليدية[5].

ودائرة تشِن وزملائه أيضًا مستوحاة من الدماغ، وتختلف اختلافًا كبيرًا عن الدوائر الكهربية التقليدية. فعادةً، يتدفق التيار الكهربي عبر الدوائر كما يتدفق الماء في النهر. وإذا أصبح النهر ضحلًا للغاية إلى درجة تَحَوُّله إلى مجموعةٍ من البِرَك الصغيرة، فعندئذ يعجز الماء عن التدفق، نظرًا إلى انعزال البِرَك عن بعضها البعض بفعل الحواجز التي يُشَكِّلها قاع النهر.

ورغم أنَّ الحواجز بين بِرَك المياه في النهر تكون واسعةً جدًّا، بحيث يتعذَّر على جزيئات الماء القفز من بُرْكةٍ إلى أخرى، فإنَّ الأمر يختلف بالنسبة إلى الشحنات الكهربية في "بِرَك الشحنات"، التي تفصل بينها مسافاتٌ نانوية. وتستخدم أدواتٌ مثل مجاهر المسح النفقي الحساسية العالية لعملية قفزٍ تُعرف باسم «الانتقال النفقي الميكانيكي الكمي»، لتُصوِّر عادةً سماتٍ في صِغَر الذرات المفردة على سطوح المواد[6]. وتُعَد أيضًا ظاهرة الانتقال النفقي هذه جوهر تقنيات الحوسبة الكمية، التي حققت تطوراتٍ مذهلة خلال العقد الماضي[7].

وقد تَمَكَّن بعض مؤلفي هذا البحث في دراسةٍ



الشكل 1 | دائرة غير تقليدية لتقنيات تعلُّم الآلة. أ: يقدم تشِن وزملاؤه[3] دائرةً كهربية تقفز فيها الشحنة بين "بِرَك" من الشحنات، مرسبة على مادة أساس. ويُضبط عمل الدائرة عن طريق تعريض أسلاك تحكم لجهودٍ كهربية. وتصل المُدخلات إلى الدائرة من خلال تمرير جهودٍ كهربية في أسلاك المدخلات، ويُحدّد مُخرَج الدائرة بما إذا تدفقت الشحنات عبر سلك المخرجات، أم لا. ب: تُعدِّل أسلاك التحكم مناطق الدائرة التي يمكن أن تقفز فيها الشحنة، ومن ثم تحدد مسارات القفز الممكنة. ويوضح الشكل هنا مثالًا على التأثير الناتج عن تغيير جهد أحد سلوك التحكم. ويستخدم الباحثون دائرتهم هذه لأداء عملياتٍ أساسية من العمليات التي تنفّذها تقنيات تعلُّم الآلة.

سابقة[8] من إنتاج بِرَكٍ منعزلة من الشحنات، وذلك من مجموعةٍ من جسيمات الذهب النانوية، المُرسَّبة عشوائيًّا على سطحٍ من السيليكون، التي توجد بينها جزيئاتٌ عازلة. واستُخدمت هذه البِرَك لصنع دوائر تُجْري عملياتٍ حسابية تقليدية، وليس العمليات الحسابية لتقنيات تعلُّم الآلة، وفكرة هذه البِرَك هي جوهر تصميم دائرة تشِن وزملائه (الشكل 1.أ)، إذ يجري إدخال المعلومات في هذه الدائرة من خلال جهودٍ كهربية، تُعرَّض لها الدائرة باستخدام أسلاكٍ عادية. وتستطيع المجالات الكهربية الناجمة عن هذه الأسلاك تحديد ما إذا كان يمكن للشحنات القفز بين البِرَك المتجاورة، أم لا. وبالتالي، يمكن لتلك المجالات تعديل مسار قفز الشحنات الكهربائية عبر الدائرة (الشكل 1.ب). وتتحدَّد مُخرَجات الدائرة حسب ما إذا كان التيار الكهربي يتدفق عبر سلكٍ معيَّن آخر، أم لا.

ونظرًا إلى أنَّ بِرَك الشحنات موزَّعة عشوائيًّا، فقد يبدو توقُّع سلوك مثل هذه الدائرة مستحيلًا، لكنَّ الحساسية العالية لظاهرة الانتقال النفقي تتيح بدرجةٍ كبيرة تعديل سلوك الدائرة، باستخدام أسلاك تحكم مختلفة. ورغم أنَّ سلوك الدائرة لا يمكن توقعه بسهولةٍ أيضًا في هذه الحالة، فقد أظهرت الدراسة السابقة إمكانية التوصل بصورة موثوقة إلى تشكيلاتٍ في الدائرة تنفذ عملياتٍ منطقية ذات مُدخَلين، مثل الإشارة إلى استشعار أحد المُدخَلين على الأقل، أو كليهما (تُعرَف العملية الأولى بعملية بوابة «اختيار» OR gate، والثانية بعملية بوابة «اقتران» AND gate في المنطق الثنائي).

ورغم أنَّ هذه الدوائر السابقة لم تُؤدّ أيًّا من عمليات تقنيات تعلُّم الآلة، استخدم الباحثون بالفعل خوارزمية من خوارزميات تعلُّم الآلة؛ لتحديد معاملات التحكم اللازمة لجعل الدوائر تؤدي عملياتٍ مختلفة. وهذه الخوارزمية مستوحاة من عملية التطوُّر البيولوجي، إذ تبدأ بمجموعةٍ عشوائية من معاملات التحكم، وتستخدم فقط أفضل النتائج الواعدة "لتوليد" مجموعةٍ جديدة من معاملات التحكم في العمليات التالية. وكانت الدراسة السابقة دراسةً رائدة، لأنَّها أثبتت أنَّه من الممكن إعادة برمجة دائرة مفردة في مكانها لأداء أي عمليةٍ منطقية ذات مدخلين، وذلك بمجرد تغيير الجهود التي تتعرض لها خمسة أسلاك تحكُّم.

أمَّا في هذا البحث، فقد طوّر تشِن وزملاؤه هذه الفكرة الأساسية بدرجة كبيرة، عن طريق التغلب على بعض جوانب القصور الرئيسة فيها، واستخدام الدوائر لأداء عمليات الذكاء الاصطناعي. فقد توصَّل الباحثون -في المقام الأول- إلى طريقةٍ لإنشاء بِرَك الشحنات مباشرةً في السيليكون، عن طريق الترسيب العشوائي لذراتٍ تمنح كمياتٍ ضئيلة من الشحنات للسيليكون نفسه. وهذه الطريقة تجعل الدوائر أكثر قابلية للتصنيع على نطاقٍ أوسع مما كانت في السابق، وتزيد إمكانية توافقها مع الجيل الحالي من الإلكترونيات، الذي يعتمد -في الأساس- أيضًا على السيليكون. ثانيًا، في هذا النظام المادي الجديد، تمكَّن الباحثون من زيادة درجات الحرارة القصوى التي تتحكم عندها ظاهرة القفز في تدفق الشحنات الكهربية عبر الدوائر، والتي تصبح بالتالي عندها العملية الحوسبية المطلوبة قابلةً للتنفيذ، إذ وصلوا بدرجات الحرارة هذه إلى درجة حرارة الغرفة، بعد أن كانت لا تتجاوز الصفر المطلق، إلَّا بقَدْرٍ بسيط للغاية.

ولإثبات تزايُد قدرات هذه الأجهزة، طوَّر تشِن وزملاؤه دوائر تستطيع تصنيف جميع المجموعات الست عشرة التي يمكن أن تكوِّنها أربعة مدخلات من الأرقام الثنائية (0000، 0001، ...، 1111)، حيث يمثل الصفر انعدام المدخل عند سلكٍ معين، في حين يمثل الواحد وجود مُدخل عند السلك). وأمكن إجراء عملية التصنيف هذه حتى مع تخفيض عدد جهود التحكم من خمسة إلى ثلاثة.

بعد ذلك، أدمج المؤلفون هذه الدائرة القائمة على السيليكون، القادرة على أداء مهمة تصنيف رباعية المدخلات، في نظام ذكاءٍ اصطناعي أكثر تعقيدًا، ينفذ مهمة تصنيف مجموعةٍ معيارية من الصور البيضاء والسوداء لأرقامٍ مكتوبة بخط اليد،

مُكوَّدة في صورة مصفوفةٍ من البكسِلات تتألف من 28 عمودًا، و28 صفًّا، وقيمة كل بكسل فيها إما صفر (أبيض)، أو واحد (أسود)، (انظر الشكل 4 في الورقة البحثية[3]). ولأداء مهمة التصنيف، قسَّم تشِن وزملاؤه المصفوفة الأصلية إلى مجموعاتٍ من البكسِلات المتجاورة، يتكون كلٌّ منها من أربعة بكسِلات من عمودين وصفين، وغذَّوا الأسلاك الخاصة بالمدخلات في دائرة التصنيف رباعية المدخلات بقيم كل أربعة بكسِلات في كل مجموعة. وضبط الباحثون بعد ذلك أسلاك التحكم؛ لأداء مهمة التصنيف لكلٍّ من المجموعات الست عشرة الممكنة للمُدخلات الأربعة، ومرروا جميع المُخرجات الستة عشر لكل مجموعة مكونة من أربعة بكسلات في خوارزمية من خوارزميات تعلُّم الآلة تعمل على حاسوبٍ تقليدي، فتعرَّفت الخوارزمية على الرقم في الصورة الكاملة لمجموعة الأرقام.

وتتميز دوائر التصنيف التي طوَّرها تشِن وزملاؤه -بطبيعتها- بإمكانية توسعة نطاق استخدامها. ويمكن تشغيل دوائر تصنيف مفردة معًا على التوازي، دون أي تعارضٍ بينها، بيد أنه في الشكل الحالي من الدوائر، تحُد الإعدادات المستخدَمة لإجراء عمليات القياس المطلوبة من السرعة التي يمكن تشغيل دائرة التصنيف بها، وبالتالي من كفاءة استهلاك الطاقة. ويقترح الباحثون طرقًا بديلة، يمكن بها إجراء عمليات القياس تلك، لتحسين السرعة وكفاءة استهلاك الطاقة في الدوائر بدرجةٍ كبيرة. وإثبات إمكانية تنفيذ هذه التحسينات سيصبح حاسمًا، إذا كان لهذه التصاميم أن تخرج من مختبرات البحوث إلى حيز التطبيق في العالَم الحقيقي.

ونظرًا إلى صعوبة محاكاة التوزيع العشوائي لبِرَك الشحنات في كلٍّ من التصميمَين؛ السابق، والحالي للدائرة، تُعَد حساسية الدائرة المرتفعة لجهود التحكم ضرورية لتطوير مجموعةٍ من معاملات التحكم بعد تصنيع الدائرة. ورغم أنَّ انعدام الحاجة إلى تحديد مواضع بِرَك الشحنات بدقة يجعل تصنيع الدوائر أسهل، فإنّ أداءها ربما يُمكن تعزيزه من خلال وجود ترتيباتٍ محددة مسبقًا لذرات الشوائب المفردة التي تمنح السيليكون الشحنات[9]، وتتسم بالدقة من ناحية مواضع تلك الذرات. ويمكن أن تشمل هذه التحسينات إمكانية استخدام معاملات التحكم نفسها في أجهزةٍ مختلفة، وتحسين دقة العمليات التي تنفذها الدوائر في درجات الحرارة الأعلى، وخفض استهلاكها للطاقة.

سايروس إف. هيرجيبيدين يعمل ضمن مجموعة علوم المعلومات الكمِّية والأنظمة النانوية المتكاملة في مختبر لينكولن في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، في ليكسنجتون، ماساتشوستس 02421، الولايات المتحدة الأمريكية.

البريد الإلكتروني: cyrus.hirjibehedin@ll.mit.edu

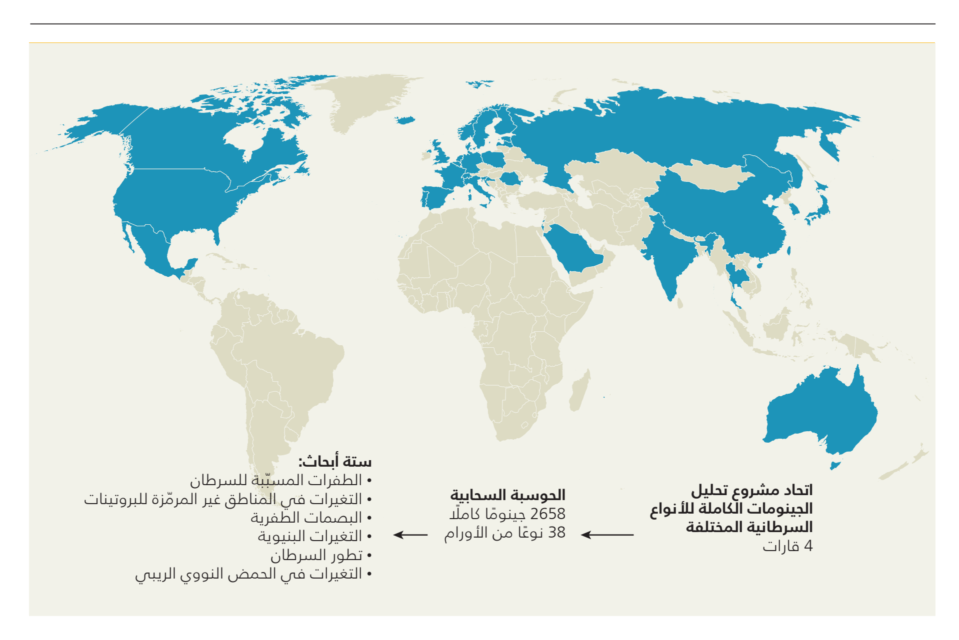
1. Silver, D. *et al. Nature* **529**, 484–489 (2016).
2. Liu, X. *et al. Lancet Dig. Health* **1**, e271–e297 (2019).
3. Chen, T. *et al. Nature* **577**, 341–345 (2020).
4. Merolla, P. A. *et al. Science* **345**, 668–673 (2014).
5. Day, A., Wynn, A. & Golden, E. *APS March Meet. 2020* abstr. L48.00008 (2020); go.nature.com/2ti4zt1
6. Binnig, G., Rohrer, H., Gerber, Ch. & Weibel, E. *Phys. Rev. Lett.* **50**, 120–123 (1983).
7. Arute, F. *et al. Nature* **574**, 505–510 (2019).
8. Bose, S. K. *et al. Nature Nanotechnol.* **10**, 1048–1052 (2015).
9. Schofield, S. R. *et al. Phys. Rev. Lett.* **91**, 136104 (2003).

علم وراثة السرطان

مشروع جينومي عالمي يكشف مدى تعقيد السرطان

مارتشين شيشليك، وآرول إم. تشينايان

أسفر مشروعٌ دولي ضخم عن دراساتٍ متعددة الجوانب، تتناول أكثر من 2600 ورمٍ من 38 نسيجًا سرطانيًّا، وهو ما يوفر قدرًا كبيرًا من الرؤى المتعمقة حول الأساس الجيني للسرطان.



الشكل 1 | جهدٌ عالمي لمكافحة السرطان. اتحاد مشروع تحليل الجينومات الكاملة للأنواع السرطانية المختلفة هو مجموعةٌ من الباحثين في مجال السرطان من أربع قارات (باللون الأزرق). حددت تلك المجموعة البحثية تسلسلات 2658 جينومًا كاملًا لخلايا سرطانية تخص 38 نوعًا من الأورام، وحللوا تلك التسلسلات. وتَطَلَّب الكَمّ الهائل من البيانات التي تضَمَّنها المشروع استخدام مقارباتٍ متطورة تعتمد على الحوسبة السحابية. وتصف ستة أبحاث[1-6] نَشَرَها المشروع مؤخرًا جوانب مختلفة من التحليلات التي أجراها الباحثون. (تلتزم جميع دوريات *Nature* بالحيادية فيما يتعلق بالنزاعات حول السيادة في الخرائط المنشورة).

فور أن تَمَكَّن العلماء من تحديد تسلسل أول جينوم بشري في عام 2001، أصبح التوصيف الجينومي الشامل للأورام هدفًا رئيسًا للباحثين في مجال السرطان. ومنذ ذلك الحين، أدت التطورات في تقنيات تحديد التسلسلات الجينومية وأدوات تحليل هذه التسلسلات إلى ازدهار هذا المجال البحثي. وفي ست أوراقٍ بحثية[1-6] تتعلق بذلك المجال، نُشرت مؤخرًا في دورية *Nature*، قدَّم اتحاد مشروع تحليل الجينومات الكاملة للأنواع السرطانية المختلفة (PCAWG) أكثر التحليلات التجميعية لجينومات السرطان شمولًا وطموحًا حتى الآن. فخلافًا للجهود السابقة، التي ركزت -في العموم- على المناطق المُرمِّزة للبروتينات في جينومات السرطان، يحلل هذا المشروع الجينومات كاملةً. وتتقصى كل ورقة بحثية من أوراق المشروع جانبًا مهمًّا من جوانب الخصائص الجينية المرتبطة بالسرطان، وستلعب نتائجها مجتمعةً دورًا شديد الأهمية في فهم المدى الكامل للتعقيد الجيني الذي تتسم به الأورام السرطانية.

وقبل مناقشة تأثير هذه التحليلات، من المهم تسليط الضوء على الكَمّ الهائل من البيانات، والإطار التنظيمي المعقد الذي قام عليه المشروع، إذ شارك فيه علماء متعددو التخصصات من أربع قارات، ينتسبون إلى 744 كيانًا مختلفًا، واضطروا إلى التغلب على تحدياتٍ تقنية وقانونية وأخلاقية كبرى؛ لإجراء التحليلات الموزعة مع حماية بيانات المرضى. وانقسم هؤلاء الباحثون إلى 16 مجموعة عمل، ركز كلٌّ منها على جوانب معينة من دراسة الجينومات السرطانية، كتقييم مدى تكرار الطفرات، على سبيل المثال، أو الاستدلال على كيفية تطور الورم.

وإجمالًا، أجرى المشروع تحليلاتٍ تكاملية على 38 نوعًا من أنواع الأورام. وحدد تسلسلات 2658 جينومًا كاملًا تخصّ خلايا سرطانية (الشكل 1)، إضافةً إلى عيناتٍ من خلايا سليمة مناظِرة لتلك الخلايا السرطانية من الأفراد أنفسهم. وأُرفِقت مع هذه البيانات تسلسلات 1188 ترانسكريبتومًا (تسلسلات نسخ الحمض النووي الريبي في الأورام، ومدى وَفْرَتها).

وتضمنت جهود المشروع إجراءاتٍ مكثفة لمراقبة الجودة، وعملياتٍ منسقة لمعالجة البيانات، بالإضافة إلى تجارب منهجية؛ للتحقق من دقة سلاسل المعالجة

الحوسبية المستخدَمة للكشف عن الطفرات، إذ استُخدمت خوارزميات عديدة، وكذلك سلاسل المعالجة الحوسبية، وقورنت معًا. وتَطَلَّب هذا بياناتٍ، يصل حجمها إلى مئات التيرابايتات، موزعة على مراكز بيانات متعددة، واستغرقت العملية تقريبًا عدة ملايين من ساعات المعالجة، وقد تيسَّر كل ذلك عن طريق الحوسبة السحابية. وتجدر الإشارة إلى أنَّ جهود المشروع توفِّر نموذجًا للكيفية التي يمكن بها للحوسبة السحابية أن تتيح المشروعات التعاونية الدولية، وتساعد في تطور المجالات العلمية ذات البيانات المكثفة.

وتقدِّم أُولى الورقات البحثية التي نشرها المشروع مؤخرًا[1] لمحةً عامة عن مدى اتساع نطاق مجموعة بياناته وتعمُّقها. ويوضح فيها الاتحاد القائم على المشروع أنَّ كل جينوم سرطاني يتضمن -في المتوسط- أربع أو خمس طفراتٍ مسببة للسرطان، تضفي على الخلايا السرطانية ميزةً تساعد على تناسخها. ولم يعثر الباحثون في 5% فقط من الأورام التي درسوها على أي طفراتٍ معروفة مسببة للسرطان. وعلى النقيض من ذلك، تجلَّتْ في عديدٍ من أنواع السرطان علاماتٌ مميزة تدل على أحداث جينومية مدمرة، تمثلت في عملية إعادة ترتيب الحمض النووي (في 17.8% من الأورام)، والتهشم الكروموسومي (في 22.3% من الأورام)، وهي أحداثٌ تؤدي إلى تغيراتٍ بنيوية كبيرة في الجينوم.

أما الأوراق الخمس الأخرى، فتتطرّق كلٌّ منها إلى جانبٍ مختلف من مجموعة البيانات بمزيدٍ من التفصيل. ففي الورقة الثانية، على سبيل المثال، عملت الباحثة إستر رينباي وزملاؤها[2] على تحديد الطفرات الجينية المسببة للسرطان في المناطق غير المُرَمِّزة للبروتينات بالحمض النووي. وهذه مهمةٌ طموحة، لأنَّ اكتشاف الطفرات بدقة في المناطق غير المُرَمِّزة للبروتينات أصعب بكثير من اكتشافها في المناطق المُرمِّزة للبروتينات، والمِثل ينطبق على تقييم مدى تكرارها. لذا.. استخدم المؤلفون عمليات نمذجة دقيقة لاستبعاد النتائج العلمية الزائفة، ولاكتشاف الطفرات المسببة للسرطان في المناطق غير المُرمِّزة للبروتينات على نحوٍ منهجي.

وتثير نتائج الباحثين الشك في ما كشفته الأوراق البحثية في الماضي من طفرات مُسبِّبة للسرطان في المناطق غير المُرَمِّزة للبروتينات، مثل تسلسلَي الحمض النووي الريبي الطويلَين، غير المُرمِّزَين للبروتينات *NEAT1*، و*MALAT1*، لكنَّ نتائجهم تكشف أيضًا طفرات جديدة، فعلى سبيل المثال.. يفيد المؤلفون بوجود طفرةٍ متكررة في منطقةٍ غير مُرَمِّزة للبروتينات من الجين الجوهري لكبح نمو الأورام السرطانية *TP53*. واكتشفوا أيضًا طفراتٍ متكررة -إلى حد ما- في مناطق غير مُرَمِّزة للبروتينات من جين إنزيم التيلوميريز *TERT*، وهي طفراتٌ تؤدي إلى فرط التعبير عن الإنزيم (الذي يساعد خلايا الورم على الانقسام على نحوٍ خارج عن السيطرة)، وهو ما يتسق مع نسبة الشيوع العالية (12%) لطفرات إنزيم التيلوميريز التي اكتشفتها دراسةٌ سابقة للأنواع السرطانية المختلفة، تناولت الأورام الأكثر تطورًا (الأورام النقيلية)[7]. ورغم أنَّ الدراسة لم تتمكن من استبعاد وجود طفرات أخرى مُسبِّبة للسرطان في المناطق غير المُرَمِّزة للبروتينات، فإنَّها أوضحت بحسمٍ ندرةَ حدوث هذا النوع من الطفرات.

وفي الورقتين الثالثة والرابعة، يركز لودميل ألكساندروف وزملاؤه[3]، وييلونج لي وزملاؤه[4] على الطفرات الجينية المعروفة باسم «البصمات الطفرية». وتَنْتُج هذه الأنماط المميزة من طفرات الحمض النووي عن عملياتٍ مختلفة، مثل آليات إصلاح الحمض النووي المعيبة، أو التعرض للمُطفِرات البيئية. وتُعَد مجموعات البيانات الجينومية الكبيرة ضروريةً لصقل معارفنا عن البصمات الطفرية، واكتشاف أخرى جديدة. ومما يثير الإعجاب أنَّ ألكساندروف وزملاءه، ولي وزملاءه حددوا ما مجمله 97 بصمةً طفرية. وهاتان الورقتان، اللتان تتناولان المسألة بتفصيلٍ أكبر من الأبحاث السابقة في الموضوع ذاته، لا تغطيان البصمات الطفرية المعتادة أحادية النوكليوتيد فحسب، بل تشملان أيضًا بصماتٍ طفرية تتضمن تغيراتٍ جينية متعددة النوكليوتيدات، أو إضافة أجزاءٍ صغيرة إلى الحمض النووي، أو حذف أجزاءٍ صغيرة منه.

وجدير بالذكر أنَّ لي وزملاءه من أوائل الباحثين الذين اكتشفوا بصماتٍ طفرية مُثبَتة، وتنطوي على ما يُعرف بالتغيرات البنيوية (SVs)، وهي تغيرات يُعاد فيها ترتيب أجزاء كبيرة من الجينوم. وكانت عملية كشف تلك التغيرات أكثر تعقيدًا بكثير من تلك المتعلقة

"ومن المؤكد -بدرجة شبه تامة- أنّ إتاحة مجموعة البيانات التي تَوَصَّل إليها المشروع على نطاقٍ واسع، وجودة تلك البيانات ستحفِّزان موجة فكرية تهدف إلى الوصول إلى فهْم عميق لمسائل في علم الأحياء".

بكشف البصمات الطفرية، نظرًا إلى تنوع التغيرات البنيوية وتعقيدها.

ومن خلال سلسلةٍ من الخطوات لتصنيف الطفرات إلى مجموعاتٍ فرعية، حدد الباحثون 16 بصمةً من بصمات التغيرات البنيوية، تكشف -على سبيل المثال- وجود ارتباطٍ فرضي بين آليات حدوث تغيرَين بنيويَّين، هما: الحذف والانقلاب الكروموسومي (يتضمن الانقلاب عكس اتجاه جزءٍ من الحمض النووي). وكوَّن الباحثون أيضًا فهمًا عميقًا لأدوار جميع البصمات الست عشرة في الإصابة بالسرطان، إذ أوضحوا أنَّ الطفرات في بعض جينات إصلاح الحمض النووي تقترن بالبصمات المميزة للأورام السرطانية. فعلى سبيل المثال.. وجد باحثو المشروع أنَّ الطفرات في جين *CDK12* ترتبط بوجود تكرارات ترادفية في الحمض النووي، وأنَّ الأشكال الأقصر من إنزيم إصلاح الحمض النووي MBD4 تقترن نشأتها ببصمةٍ طفرية معينة في مناطق من تسلسلات الحمض النووي، تُعرف باسم «مواقع سي بي جي»، أو CpG sites. وإجمالًا، توفِّر هذه البصمات الجديدة أساسًا لفهم آليات تطور السرطان، ودور التعرض للمُطفِرات في هذه العملية.

وقد طُرِحت فكرة تطوُّر السرطان عبر عمليةٍ تطورية للمرة الأولى في عام 1976 (المرجع 8). ومنذ ذلك الحين، كانت عملية تطور السرطان تُوَصَّف على أساس الطفرات العشوائية المصاحِبة لها، وعملية الانتخاب الطبيعي، إذ إنَّ الخلايا السرطانية التي تحتوي على طفرةٍ تُكْسِبها درجةً عالية من اللياقة الخلوية، تتكاثر سريعًا، لتصبح أبرز الخلايا المستنسخة في مجموعة الخلايا. وهذه الظاهرة، التي يُطلق عليها «الاكتساح النسيلي»، تحدث في صورة سلسلة متكررة من العمليات أثناء نمو الورم السرطاني. وتحقِّق دراسة تطور السرطان أكبر قدرٍ من الفاعلية، عن طريق تحديد التسلسلات الجينية لمناطق متعددة من الورم بمرور الوقت، لكنْ يمكن أيضًا وضع نموذج لتطوره، بناءً على خزعةٍ واحدة، وهو النهج الذي اتبعه موريتز جيرستونج وزملاؤه[5] بحثهم.

ويطرح مؤلفو هذه الورقة البحثية مفهوم «الوقت الجزيئي»، لتصنيف الطفرات النسيلية، والطفرات النسيلية الثانوية. واستنتجوا أنَّ الطفرات النسيلية الثانوية -التي توجد فقط في مجموعةٍ فرعية من خلايا الورم- قد نشأت -على الأرجح- في مرحلةٍ متأخرة من تطور السرطان. وصنّفوا الطفرات النسيلية الموجودة في جميع خلايا الورم إلى طفراتٍ مبكرة ومتأخرة، بناءً على ما إذا كانت الطفرات قد نشأت قبل أم بعد مرور الخلية المستنسخة بما يُعرف بعملية «زيادة عدد النسخ»، وهي عملية يزداد فيها عدد نسخ جينٍ أو منطقة كروموسومية معينة. وقد جمَّع الباحثون بياناتٍ متعلقة بتطور أورامٍ عدة، وهو ما أتاح لهم تحديد مساراتٍ مشتركة لنشوء الطفرات، مثل تسلسل *APC-KRAS-TP53*[9]، الذي يصف التسلسل المعتاد الذي تنشأ به الطفرات في سرطان القولون والمستقيم.

ووجد جيرستونج وزملاؤه أنَّ الطفرات المُسبِّبة للسرطان، التي يشيع حدوثها في سرطانٍ معين، تحدث عادةً قبل غيرها من الطفرات. وبالمِثل.. إذا كانت عملية «زيادة عدد النسخ» تتكرر بدرجةٍ كبيرة في نوعٍ معين من السرطان، فإنَّها تحدث عادةً في مرحلة مبكرة. فعلى سبيل المثال.. تُعَد عملية زيادة عدد النسخ في جزءٍ من «الكروموسوم 5» شائعةً في سرطان الكلى ذي الخلايا الصافية، وتحدث عادةً في مرحلة مبكرة من تطور المرض. وفي المقابل، فإنَّ عملية تَضاعُف الجينوم بالكامل تحدث في وقتٍ متأخر نسبيًّا في هذا السرطان. وأخيرًا، وجد الباحثون أنَّ البصمات الطفرية تتغير بمرور الوقت في ما لا يقل عن 40% من الأورام. وتعكس هذه التغيرات تناقُص دور التعرض للمطفرات البيئية في تطور المرض، وزيادةً في وتيرة عيوب آليات إصلاح الحمض النووي، وشدتها. وبوجه عام.. تشير النتائج التي توصلت إليها المجموعة البحثية إلى أنَّ الطفرات المسببة للسرطان يمكن أن تنشأ قبل سنواتٍ من تشخيص الإصابة بالمرض، وهو ما قد يكون مؤثرًا في تطوير الواسمات الحيوية، وتقنيات الاكتشاف المبكر للسرطان.

أمَّا في الورقة البحثية الأخيرة، فقد استخدم باحثو المجموعة الأساسية المعنية بدراسة الترانسكربتومات في المشروع وزملاؤهم[6] العينات التي توفرت لها بيانات تراسكربتومية من الخلايا السليمة المكافئة، البالغ عددها 1188 عينة، لدراسة الارتباط بين التغيرات في كلٍّ من الحمض النووي الريبي، والحمض النووي من الناحية الوظيفية. كما وجدت المجموعة البحثية صلاتٍ بين المئات من طفرات الحمض النووي أحادية النوكليوتيد، وعمليات التعبير عن الجينات القريبة من موضع هذه الطفرات، بيد أنه تبيَّن للباحثين أنَّ التغيرات الكبرى في عدد النسخ كانت المسبِّب الأساسي للتغيرات في وظيفة التعبير الجيني بالخلايا السرطانية، وأنَّ الطفرات كانت مرتبطةً أيضًا بحدوث تغيراتٍ في بِنْية تسلسلات الحمض النووي الريبي الناتجة عن عملية النسخ، مثل تكوين منطقةٍ جديدة مُرمِّزة للبروتينات (إكسون) داخل منطقةٍ غير مُرمِّزة للبروتينات (إنترون).

ووصف مؤلفو الورقة أيضًا مدى تكرُّر ظاهرة دمج الجينات بجسور الحمض النووي، وهي ظاهرة يُدمج فيها جينان، نتيجة وجود جزءٍ ثالث من الحمض النووي بينهما. وأخيرًا، ورغم أنَّ 87 عينةً من العينات التي حللها الباحثون (1188 عينةً) لم تكن تحتوي على تغيُّرٍ طفري مسبب للسرطان على مستوى الحمض النووي،

كشفت المجموعة أنَّ كل تلك العينات احتوت على تغيُّرٍ على مستوى الحمض النووي الريبي. وتوضح كل هذه الرؤى المتعمقة التي خرج بها باحثو المشروع فاعلية التحليلات التكاملية لتسلسلات الحمض النووي الريبي والحمض النووي في دراسات السرطان[10].

وهذه الأوراق البحثية الست -إلى جانب الأوراق الأخرى المكمِّلة لها، التي نُشِرَت معها في الوقت ذاته بدورياتٍ أخرى (انظر: go.nature.com/3boajsm)- تمثل إنجازًا مهمًّا في مجال السرطان، ومجال علم الجينوم المعتمِد على السحابات الحوسبية. فمن خلال التركيز على استدلال نتائج، تمكَّن المشروع من كشف مزيدٍ من التفاصيل والمعلومات في مجال تحديد التسلسلات الجينية للأورام السرطانية، الذي كانت دراساته في العقد الماضي قائمةً -إلى حد كبير- على الملاحظات. وتجدر الإشارة إلى أنَّه بينما توفِّر التحليلات الاستدلالية نظرةً أعمق على الأورام السرطانية، مقارنةً بالدراسات الوصفية، فإنَّ نتائجها تقترن أيضًا بدرجة أعلى من مجرد الظن.

ومن المؤكد -بدرجة شبه تامة- أنَّ إتاحة مجموعة البيانات التي توصل إليها المشروع على نطاق واسع، وجودة تلك البيانات ستحفزان موجة فكرية تهدف إلى الوصول إلى فهم عميق حول مسائل في علم الأحياء، وإلى تطوير منهجياتٍ جديدة. ولا شك أنَّ دمج بيانات المشروع بمجموعات البياناتِ الأخرى التي تتناول الوظائف الجينومية، وتدرس -على سبيل المثال- التنظيم ثلاثي الأبعاد للجينوم، سيوفر فهمًا أعمق لأسباب الطفرات الجينية، وعواقبها.

وجدير بالذكر أن أكبر القيود التي تواجهها الدراسات الحالية هو عدم توفر البيانات الإكلينيكية المتعلقة بالعلاجات التي يحصل عليها المرضى، ومردودها على المريض. وستتيح بيانات الدراسة هذه للباحثين تحديد التغيرات الجينية، التي يمكن من خلالها توقُّع النتائج الإكلينيكية. ولحسن الحظ، يجري حاليًّا تنفيذ مشروع يسمى «تسريع بحوث جينومات السرطان»، يتبع الاتحاد الدولي لدراسة الجينومات السرطانية، ويُعرف اختصارًا باسم (ICGC-ARGO)، ويهدف إلى إنشاء مورد بياناتٍ مشابه، يتضمن بيانات أكثر من 100 ألف شخص مصاب بالسرطان.

وفي النهاية، فإنَّ مشروع تحليل الجينومات الكاملة للأنواع السرطانية المختلفة جمع الآلاف من العلماء، الذين عملوا معًا لتحقيق أهدافه. ولن يكون التأثير طويل المدى لهذه الجهود ناجمًا عن الأبحاث التي نشرها المشروع مؤخرًا فقط، بل سينتج أيضًا عن أشكال التعاون التي نشأت بفضله، وعملية التبادل المعرفي التي جرت بين أعضاء هذا الاتحاد العالمي للباحثين.

مارتشين شيشليك، وآرول إم. تشينايان يعملا في مركز ميشيجان لعلم الأمراض التطبيقي بمركز روجيل للسرطان في جامعة ميشيجان، آن أربور، ميشيجان 48109، الولايات المتحدة. ويعمل مارتشين شيشليك أيضًا في قسم الطب الحوسبي ونُظُم المعلومات الحيوية بجامعة ميشيجان. أما آرول إم. تشينايان، فيعمل في معهد هوارد هيوز الطبي.

البريد الإلكتروني لكل منهما:

mcieslik@med.umich.edu

arul@med.umich.edu

1. ICGC/TCGA Pan-Cancer Analysis of Whole Genomes Consortium. *Nature* **578**, 82–93 (2020).
2. Rheinbay, E. *et al. Nature* **578**, 102–111 (2020).
3. Alexandrov, L. B. *et al. Nature* **578**, 94–101 (2020).
4. Li, Y. *et al. Nature* **578**, 112–121 (2020).
5. Gerstung, M. *et al. Nature* **578**, 122–128 (2020).
6. PCAWG Transcriptome Core Group *et al. Nature* **578**, 129–136 (2020).
7. Priestley, P. *et al. Nature* **575**, 210–216 (2019).
8. Nowell, P. C. *Science* **194**, 23–28 (1976).
9. Fearon, E. R. & Vogelstein, B. *Cell* **61**, 759–767 (1990).
10. Robinson, D. R. *et al. Nature* **548**, 297–303 (2017).

علم الفلك

عنقود مجرِّي يضيء العصور الكونية المظلمة

نينا إيه. هاتش

تشير نتائج رصد عنقود مجرِّي بعيد إلى أن تكوين النجوم قد بدأ هناك بعد 370 مليون سنة فقط من الانفجار الكبير. وتقدِّم النتائج بذلك تفاصيل مهمة حول مكان ظهور النجوم والمجرّات الأولى في الكون، وتوقيت نشوؤه.

كان الكون غارقًا في ظلام دامس بعد فترة قصيرة من الانفجار الكبير، إذ لم تكن النجوم والمجرات، التي توفر الضوء للكون، قد تشكلت بعد. وكان الكون يتألف مما يشبه حساء من خليط بدئي من الإشعاع والمادة، يتكوّن من ذرات الهيدروجين والهيليوم المتعادلة، إضافة إلى «مادة مظلمة» غير مرئية. وأثناء هذه العصور الكونية المظلمة، التي استمرت لمئات الملايين من السنين، خرجت النجوم والمجرات الأُولى إلى الوجود. ولسوء الحظ، فإن رصد تلك الحقبة يُمثِّل تحديًا، نظرًا إلى أن مجرّات العصور المظلمة خافتة[1] على نحو استثنائي.

ويُقدم ويليس وزملاؤه[2] -في بحثهم المنشور- لمحة عما حدث خلال العصور المظلمة، من خلال إجراء عمليات تنقيب في آثار المجرات. وعن طريق قياس أعمار النجوم في واحد من أبعد العناقيد المجرية المعروفة، تمكَّن المؤلفون من تحديد مواقع مجرّات كَوّنت نجومًا أثناء العصور المظلمة، تقريبًا عند أبكر وقتٍ أمكن أن تنشأ فيه النجوم.

العنقود المجرّي هو مجموعة من آلاف المجرّات التي تدور حول بعضها البعض بسرعات[3] تصل إلى حوالي ألف كيلومتر في الثانية. وما يمنعها من الانجراف بعيدًا عن بعضها بعضًا هو قوة الجذب الخاصة بالمادة المظلمة المصاحبة لها، التي تُعادِل الكتلة الإجمالية لحوالي مائة تريليون شمس[4]. ويستخدم علماء الفلك هذه العناقيد كما لو كانت مختبراتٍ لإجراء تجارب عديدة في مجال الفيزياء الفلكية، مثل قياس مكوّنات الكون، واختبار نظريات الجاذبية، وتحديد الكيفية التي تتكون بها المجرات. وقد وقع اختيار ويليس وزملائه على واحد من أبعد العناقيد المعروفة، لدراسة التوقيت الذي بدأت فيه أضخم المجرات في الكون في إنتاج النجوم.

وعلى الرغم من أن العناقيد المجرية القريبة مثل عنقود «كوما» Coma أسهلُ في رصدها، مقارنة بالعناقيد الأخرى الأبعد منها، لا نستطيع قياس أعمارها بدقة، نظرًا إلى أن المجرات بالغة القِدَم[5]. فعلى سبيل المثال.. من الصعب التمييز بين مجرّة تبلغ من العمر سبعة مليارات سنة، وأخرى تبلغ 13 مليار سنة[5]. ولذلك.. من أجل الحصول على تاريخ محدد لتوقيت بداية تكوين العناقيد لنجومها، استخدم ويليس وزملاؤه تليسكوب «هابل» Hubble الفضائي، التابع لوكالة ناسا، بغرض دراسة واحد من أبعد العناقيد المجرّية التي أمكنهم العثور عليها.

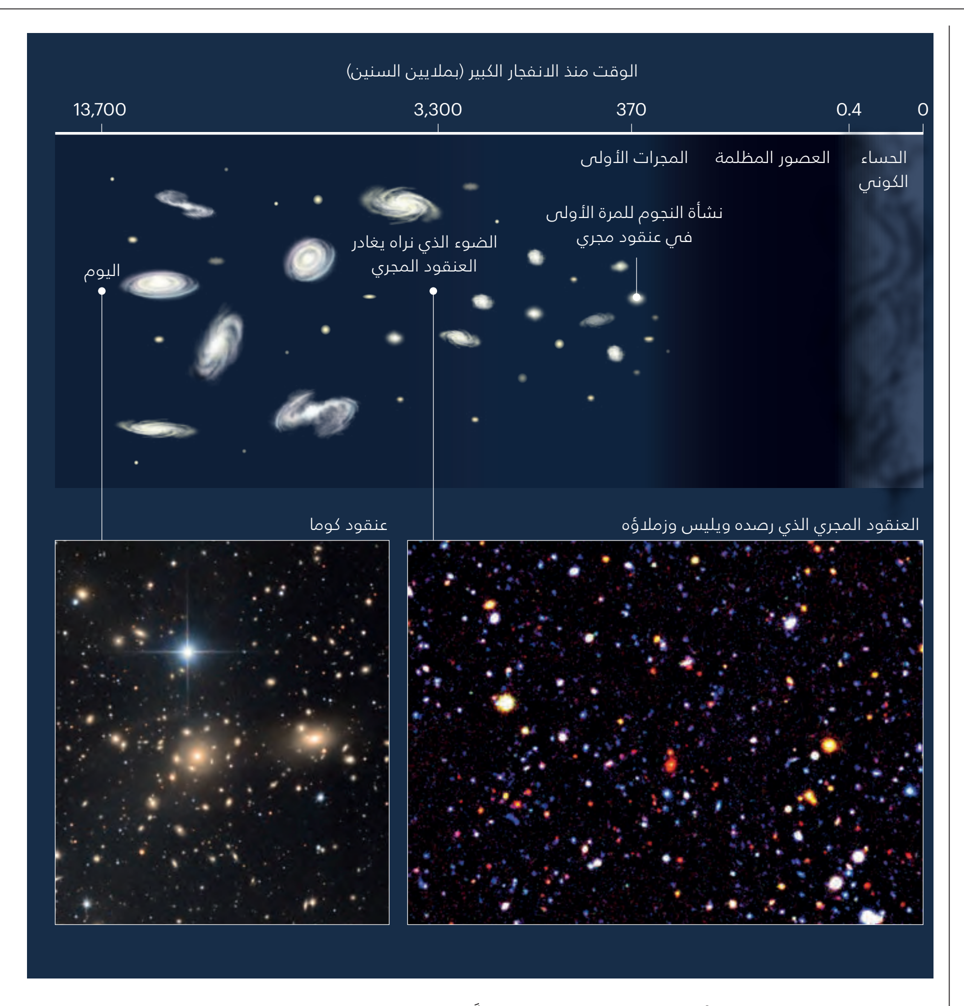
"هذا العنقود بمثابة نافذة، يمكننا من خلالها سبر أغوار بدايات الكون".

ونظرًا إلى أن الضوء ينتقل بسرعة محدودة، فإن أبعد العناقيد التي يمكننا رؤيتها، هي العناقيد نفسها التي كانت موجودة في أبكر المراحل التي نستطيع رؤيتها من الكون. فالضوء المنبعث من العنقود المجرّي، الذي فحصه ويليس وزملاؤه، سافر لفترة زمنية تقترب من 10.4 مليار سنة، قبل أن يصل إلى كوكب الأرض، بمعنى أننا ننظر إلى عنقودٍ مجرّي كما كان بعد 3.3 مليار سنة فقط من حدوث الانفجار الكبير. وبالتالي، يمكننا اعتبار هذا العنقود بمثابة نافذة، يمكننا من خلالها سبر أغوار بدايات الكون (شكل 1).

وقد وجد ويليس وزملاؤه أن العنقود يحتوي على مجرّات عديدة، تتسم بألوان حمراء متشابهة. ويمكن استخدام لون المجرّة لتقدير عمرها، إذ إن المجرات الأصغر سنًّا تكون أكثر زُرقة من نظائرها الأكبر سنًّا، التي تكون أكثر حُمرة. ونتيجة لذلك.. فإن المجرات التي تظهر باللون الأحمر قد كوّنت نجومها قبل زمن طويل[5]. ومن خلال مقارنة ألوان عناقيد المجرات بتلك الموجودة في نماذج، قدَّر المؤلفون أن نجوم تلك المجرات قد بدأت في الظهور عندما كان عمر الكون 370 مليون سنة فقط. وهذه هي الحقبة التي نتوقع أن تكون النجوم الأولى قد تشكلت فيها أثناء العصور الكونية المظلمة[6].

وثمة نقطة مثيرة للاهتمام على وجه الخصوص، وهي أن ويليس وزملاءه قد حددوا 19 مجرّة -على الأقل- في العنقود تمتلك ألوانًا مماثِلة، وهو ما يعني أن لها أعمارًا متقاربة. وفي الوقت الذي كوَّنت فيه تلك المجرّات نجومها، يرجَّح أنها كانت متفرقة عن بعضها البعض، ولذلك.. فالسؤال الذي يطرح نفسه هنا هو: لماذا إذَن بدأت المجرّات جميعها إنتاج النجوم في الوقت نفسه تقريبًا؟ هل كان ذلك بتأثير من البيئة المحيطة؟ أو -وهذا احتمال آخر- هل أطلق تكوين

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



الشكل 1 | التسلسل الزمني لنشأة الكون: بعد الانفجار الكبير، تألَّف الكون مما يشبه «حساءً كونيًّا من الإشعاع والمادة. وبعد مرور 400 ألف سنة، دخل الكون حقبة تُعرف بالعصور الكونية المظلمة، خلا فيها من الضوء، ثم بدأت النجوم والمجرات الأولى في الظهور لاحقًا بعد مئات الملايين من السنين. وهو ما أمدّ الكون بالضوء تدريجيًّا. وفي بحثهم المنشور، يشير ويليس وزملاؤه[2] إلى أن تكوين النجوم في عنقود مجرّات بعيد قد بدأ بعد الانفجار الكبير بحوالي 370 مليون سنة، وأن الضوء الذي نراه من هذا العنقود المجرّي قد انبعث عندما كان عمر الكون 3.3 مليار سنة. ومن المرجح أن هذا العنقود المجرّي قد أصبح واحدًا من كبرى البِنَى الكونية في وقتنا الحاضر، مماثلًا في الكتلة لعنقود كوما.

النجوم في إحدى المجرات تفاعلًا متسلسًلا بطريقة ما، أدى في النهاية إلى تكوين النجوم في سُحُب الغازات المجاورة؟ لا نملك إجابة في الوقت الحالي، لكنْ ما هو واضح في عمل مؤلفي البحث هو أن هذه العناقيد البعيدة تمتلئ بأقدم مجرّات الكون.

وفي رأيي، أنّ تقديرات ويليس وزملائه لأعمار المجرات هي أفضل ما يمكن الحصول عليه، بالنظر إلى البيانات المحدودة التي حصل المؤلفون عليها من تليسكوب «هابل». ومع ذلك.. فإن تحديد أعمار المجرّات من خلال ألوانها هي طريقة بدائية نسبيًّا، يشوبها عدم اليقين بشكل كبير. على سبيل المثال.. فإن مجرّة يافعة تحوي الكثير من الغبار المجرّي يمكنها أن تُظهِر اللون نفسه الذي تتسم به مجرة قديمة تحتوي على قليل من الغبار. ولذلك.. بالرغم من أن نتائج المؤلفين مثيرة للفضول، فينبغي توخي الحذر أثناء التعامل معها، حتى وقت إطلاق تليسكوب «جيمس ويب الفضائي» JWST -التابع لوكالة ناسا- خلال السنوات القليلة القادمة.

وسيقوم تليسكوب جيمس ويب الفضائي بقياس أطياف الضوء المنبعث من هذه المجرّات. وسيُعَدّ إجراء مقارنة بين هذه الأطياف مع النماذج طريقةً أكثر دقة بكثير لتحديد أعمار النجوم، مقارنة باستخدام ألوان المجرّات. وإضافة إلى ذلك، ولأنه من الأسهل قياس أعمار المجرّات الأقدم عن المجرّات الأحدث عمرًا[5]، فمِن المنطقي استهداف المجرّات الموجودة في أسلاف هذه العناقيد المجرّية، التي وُجدت في وقت مبكّر من عمر الكون. وتقدِّم نتائج ويليس وزملاؤه سببًا وجيهًا لأنْ تكُون هذه العناقيد المجرّية السحيقة من بين أوّل الأهداف التي ينبغي أن يرصدها تليسكوب جيمس ويب الفضائي.

نينا إيه. هاتش من كلية الفيزياء والفلك، جامعة نوتينجهام، نوتينجهام NG7 2RD، المملكة المتحدة.
البريد الإلكتروني: nina.hatch@nottingham.ac.uk

1. Stark, D. P. *Annu. Rev. Astron. Astrophys.* **54**, 761–803 (2016).
2. Willis, J. P. *et al. Nature* **577**, 39–41 (2020).
3. Struble, M. F. & Rood, H. J. *Astrophys. J. Suppl. Ser.* **125**, 35–71 (1999).
4. Bahcall, N. A. *Annu. Rev. Astron. Astrophys.* **15**, 505–540 (1977).
5. Bruzual, G. & Charlot, S. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* **344**, 1000–1028 (2003).
6. Planck Collaboration. *Astron. Astrophys.* **596**, A108 (2016).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ملخصات الأبحاث

أهمية المناطق الجبلية في توفير المياه

الجبال هي بمثابة أبراج المياه للعالم، إذ توفر جزءًا كبيرًا من احتياجات الطبيعة والأنشطة البشرية من المياه. وهي شديدة الحساسية، وعرضة لتأثيرات تغيُّر المناخ. ورغم ذلك.. لم يَجْرِ تحديد مدى أهميتها وقابليتها للتأثر بتغيرات المناخ على المستوى العالمي. وفي هذا البحث المنشور، يقدم الباحثون مؤشرًا عالميًّا يتناول الأبراج الطبيعية للمياه، يُرمَز له اختصارًا باسم (WTI)، ويصنف جميع الأبراج الطبيعية للمياه من حيث دورها في توفير المياه، وكذلك اعتماد المجتمع والنظم البيئية على المجاري المائية. ويُقيِّم الباحثون مدى قابلية كل برجٍ طبيعي للمياه للتأثر بعوامل تشمل الإجهاد المائي، والحوكمة، والنزاعات السياسية على موارد المياه، والتغيرات المناخية والاجتماعية الاقتصادية المستقبلية. ويستنتج الباحثون أنَّ أبراج المياه الأكثر أهمية، التي تسجِّل أعلى قيمةً على المؤشر، هي أيضًا من الأبراج الأكثر عرضةً للخطر، وأنَّ التغيرات المناخية والاجتماعية الاقتصادية ستؤثر عليها بشدة. ويمكن أن يؤثر ذلك سلبًا على 1.9 مليار شخص، سواء ممن يعيشون في المناطق الجبلية (0.3 مليار شخص)، أو في مناطق تقع مباشرةً في اتجاه مجاري هذه الجبال المائية (1.6 مليار شخص). لذا.. ينبغي اتخاذ إجراءاتٍ فورية؛ لضمان مستقبل أبراج المياه الأكثر عرضة للخطر والأعلى أهمية في العالم.

W. Immerzeel *et al*.
doi:10.1038/s41586-019-1822-y

الشكل أسفله | مؤشر أبراج المياه، وتعداد السكان عند وحدات أبراج المياه (التقاطعات بين أحواض الأنهار الكبرى، والمعالم المصنَّفة كجبالٍ طوبوجرافية، بناءً على ارتفاعها وخشونة سطحها) والأحواض الواقعة في اتجاه مجاريها المائية. مُوضَّح بالشكل مؤشر أبراج المياه لجميع وحدات أبراج المياه، البالغ عددها 78 وحدة، استنادًا إلى مؤشرات العرض والطلب الخاصة بالمياه. ويوضح الشكل أيضًا -من خلال التظليل- التعداد الكلي للسكان في جميع الأحواض النهرية المعتمِدة على وحدات أبراج المياه. وتشير الأسماء على الخريطة إلى أبراج المياه الخمسة الأعلى من حيث قيمتها على مؤشر أبراج المياه في كل قارة. وتوضح الرسوم التوضيحية المُدرَجة بالصورة التغيرَ في عدد سكان وحدات أبراج المياه مع الارتفاع عن مستوى سطح البحر، وأيضًا مع مدى قرب السكان القاطنين في اتجاه المجاري المائية من تلك الوحدات.

التقدم المُحرَز في تحقيق أهداف التنمية المستدامة

من أجل مواجهة التحديات العالمية، التزمت 193 دولة بأهداف التنمية المستدامة السبعة عشر للأمم المتحدة، المعروفة اختصارًا باسم (SDGs). ويُعَدُّ تقدير مدى التقدم المُحرَز في تحقيق تلك الأهداف ضروريًّا لتتبُّع الجهود العالمية لتحقيق التنمية المستدامة، وتوجيه وضع السياسات وتنفيذها، لكنْ لا توجد آلية تقييم منهجية يمكنها تقدير التقدم المُحرَز في تحقيق أهداف التنمية المستدامة زمانيًّا ومكانيًّا.

وفي هذا البحث المنشور، طوَّر الباحثون أساليب منهجية لتقييم التقدُّم المُحرَز في تحقيق تلك الأهداف، على صعيد الدول، وكذلك المناطق داخلها. ودرس الباحثون الديناميكيات المكانية والزمانية؛ لتحقيق أهداف التنمية المستدامة السبعة عشر في الصين، التي تُعد كبرى الدول النامية.

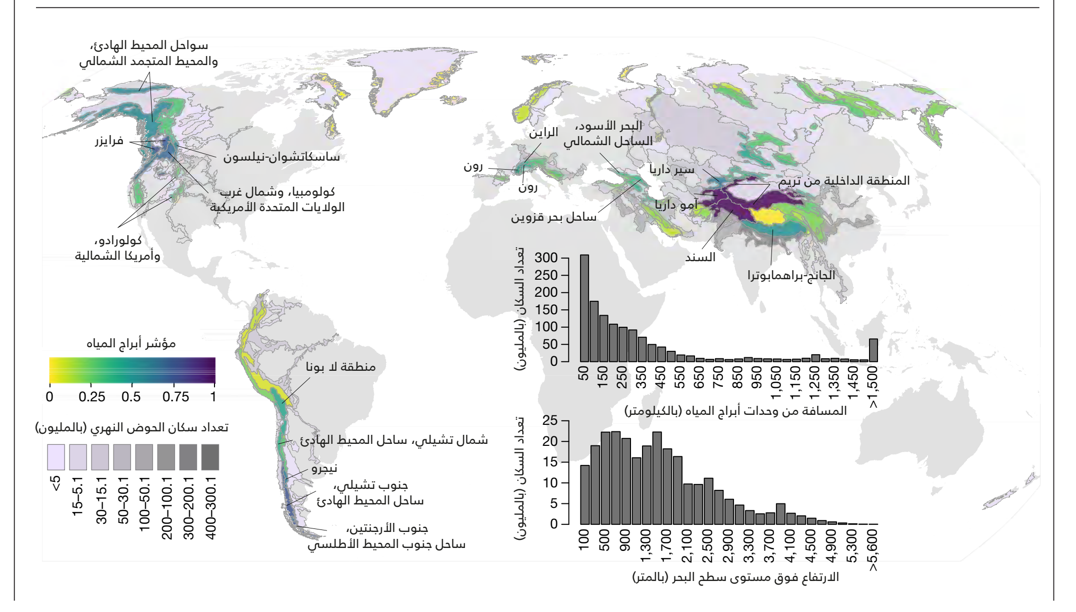
وأشارت نتائجهم إلى تزايُد الدرجة التي أحرزتها الصين على مؤشر أهداف التنمية المستدامة على مستوى الدولة (وهي درجة مُجمَّعة تعبِّر عن الأداء الإجمالي للصين في تحقيق جميع أهداف التنمية المستدامة السبعة عشر)، خلال الفترة من عام 2000 إلى عام 2015. وقد تزايدت درجات جميع المقاطعات الصينية على المؤشر خلال هذه الفترة. وكانت هناك تبايناتٌ كبيرة بين المناطق باختلاف الزمان والمكان، فعلى سبيل المثال، أحرز شرق الصين درجةً أكبر على مؤشر أهداف التنمية المستدامة، مقارنةً بغرب الصين في العقد الأول من الألفية الثالثة، وكذلك فعل جنوب الصين، مقارنةً بشمال الصين في عام 2015. وعلى مستوى الدولة، تحسنت بمرور الوقت درجات الصين في تحقيق 13 هدفًا من أهداف التنمية المستدامة السبعة عشر، في حين تراجعت درجاتها في تحقيق أربعة أهداف. وتشير هذه الدراسة إلى الحاجة إلى تتبع الديناميكيات المكانية والزمانية للتقدم المُحرَز في تحقيق «أهداف التنمية المستدامة» على الصعيد العالمي، وفي دولٍ أخرى، لكشف التغيرات المتعلقة بالتنمية المستدامة على عدة مستويات.

Z. Xu *et al*.
doi:10.1038/s41586-019-1846-3

ماضي الجليد النهري العالمي ومستقبَله

يُستنزَف أكثر من ثلث كتلة اليابسة على كوكب الأرض بفعل الأنهار التي يغطيها الجليد موسميًّا. ويغيِّر ذلك الجليد الوظائف الهيدرولوجية لممرات الأنهار، وكذلك وظائفها المناخية، والاجتماعية، الاقتصادية، ووظائف أنظمتها البيئية. ورغم أنَّه قد ثبت تراجع مساحة الجليد الذي يغطي الأنهار في عديدٍ من مناطق العالم، لم تُقدَّر بعد -على مستوى العالم- الطبيعة الموسمية لكلٍّ من مساحة ذلك الجليد، ومدة استمراره، ولا التغيرات التاريخية والتغيرات المستقبلية المتوقعة في كلٍ منهما. ومن الجدير بالذكر أن الدراسات السابقة للجليد النهري، التي أشارت إلى أنَّ التراجع في كلٍّ من مساحة الجليد ومدة استمراره يمكن أن يُعزى إلى ارتفاع درجات الحرارة، قد استندت إلى بياناتٍ من مواقع قليلة متفرقة. وإضافةً إلى ذلك، لا تستند التوقعات الحالية لمساحة الجليد في المستقبل إلا إلى مستوى التجمد.

وفي هذا البحث المنشور، يوضح الباحثون باستخدام أرصاد الأقمار الصناعية أنَّ المساحة العالمية للجليد النهري آخِذة في الانخفاض، ويتوقعون انخفاضًا في مدة استمرار الجليد الموسمي يبلغ في المتوسط 6.10 ± 0.08 يوم لكل زيادةٍ تبلغ درجةً مئوية واحدة في متوسط درجة الحرارة



العالمية للهواء السطحي.

وتابع الباحثون التغيُّر في مساحة الجليد النهري باستخدام أكثر من 400 ألف صورة، التُقِطَت أثناء صفو السماء باستخدام أقمار «لاندسات» في الفترة من عام 1984 إلى عام 2018، ورصدوا انخفاضًا في مساحة الجليد العالمية، بلغ في المتوسط 2.5% في العقود الثلاثة الماضية. ولتوقع التغيُّرات المستقبلية في مساحة الجليد النهري، طوَّر الباحثون نموذجًا، جرت معايرته، وثُبتت صحته عبر الأرصاد. واعتمد هذا النموذج على درجة الحرارة، والموسم، وهو ما أدى إلى خفض القيمة المتوسطة للانحياز بنسبة 87%، مقارنةً بالمقارَبة المعتمِدة على مستوى التجمد. وقد طبّق الباحثون هذا النموذج على توقعات المناخ المستقبلية للفترة من عام 2080 إلى 2100، وتبيَّن أنَّه مقارنةً بالفترة من عام 2009 إلى 2029، ستنخفض المدة المتوسطة لاستمرار الجليد النهري بمقدار 16.7 يوم في حال تحقُّق سيناريو المسار رقم 8.5 من مسارات التركيز التمثيلية، التي وضعتها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، في حين أنه في ظل المسار رقم 4.5 ستنخفض المدة بمقدار 7.3 يوم. وتوضح نتائج الباحثين وجود انخفاضٍ ملحوظ على مستوى العالم في مساحة الجليد النهري، وأنه سيستمر في الانخفاض خطيًّا مع الزيادات المتوقعة في درجة حرارة الهواء السطحي قرب نهاية هذا القرن.

X. Yang *et al*.
doi:10.1038/s41586-019-1848-1

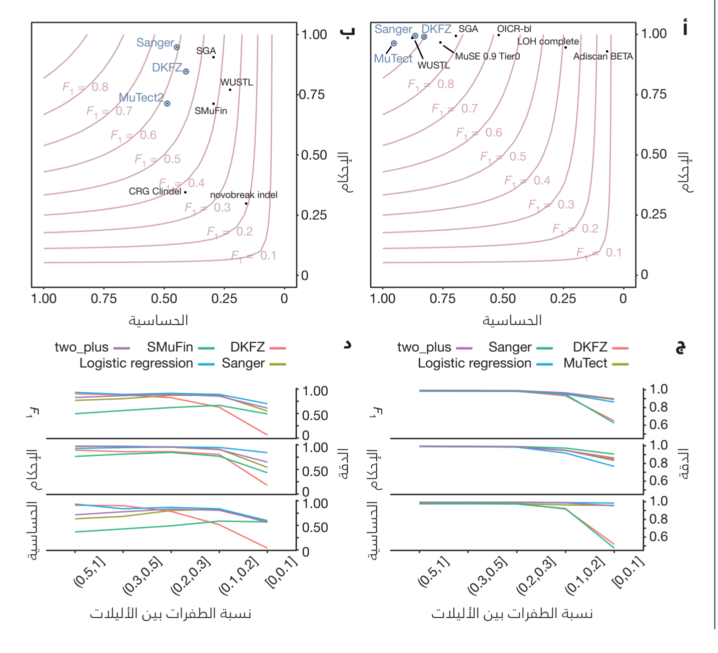
تحليل الجينومات الكاملة للأنواع السرطانية المختلفة

تنشأ السرطانات عن تغيراتٍ جينية. وقد أتاح تطوير تقنيات تحديد التسلسلات الجينية على التوازي إمكانية التوثيق المنهجي لتلك التغيرات على مستوى الجينومات الكاملة.

في البحث المنشور، يقدم الباحثون تحليلًا تكامليًّا لـ2658 جينومًا كاملًا لخلايا سرطانية وخلايا الأنسجة السليمة المطابقة لها، في 38 نوعًا من الأورام، مأخوذة من بيانات التحليل الشامل لجينومات الكاملة للأنواع السرطانية المختلفة (PCAWG)، الذي أجراه الاتحاد الدولي لدراسة الجينومات السرطانية (ICGC) بالتعاون مع أطلس الجينومات السرطانية (TCGA). يوضح الباحثون عملية استحداث موارد الدراسة، التي تَيَسَّر تجميعها من خلال مشاركة البيانات دوليًّا عن طريق السحابات الحوسبية. وتَبيَّن من خلال التحليل أنَّ الجينومات السرطانية تحتوي -في المتوسط- على أربع أو خمس طفراتٍ مُسبِّبة للإصابة بالسرطان، وذلك عند مزْج كلٍّ من العناصر المرمِّزة وغير المرمِّزة للبروتينات في الجينوم، غير أنه في حوالي5% من الحالات لم يَعثر الباحثون على أي طفراتٍ مُسبِّبة للسرطان، وهو ما يشير إلى أنَّ بعضها لم يُكتشف بعد. ووجد الباحثون أيضًا أنَّ عملية التهشم الكروموسومي، التي يحدث فيها عددٌ كبير من التغيرات البنيوية المُجمعة في الكروموسومات في حدثٍ مدمر واحد، تأتي عادةً في مرحلةٍ مبكرة من تطور الورم. ففي الورم الميلانومي الطرفي -على سبيل المثال- تسبق هذه الأحداث معظم الطفرات النقطية الجسدية، وتؤثر على عديدٍ من الجينات المرتبطة بالسرطان في الوقت ذاته. وتَبيَّن أيضًا أنَّ الأورام السرطانية التي تتسم بشذوذٍ في آلية صيانة القسيمات الطرفية للكروموسومات (التيلوميرات) تنشأ في الغالب من أنسجةٍ ذات نشاط نَسْخ ضعيف، وتحدث في تلك الأورام آلياتٌ متعددة لمنع تآكل القسيمات الطرفية إلى مستوياتٍ حرجة.

اكتشف الباحثون أيضًا أنَّ التغيرات الجينية في الخلايا النسيلية، الشائعة منها والنادرة، تؤثر على أنماط التطفر في الأنسجة الجسدية، بما فيها الطفرات النقطية، والتغيرات البنيوية، والانتقال العكسي للجينات القافزة في الأنسجة الجسدية. وبهذا.. تصف مجموعة من الأوراق البحثية التي أنتجتها الدراسة عددًا قليلًا من الطفرات غير المُرمِّزة للبروتينات التي تُسبِّب الإصابة بالسرطان، غير تلك الطفرات الموجودة في التسلسل المُحفِّز لجين *TERT*. وتكشف تلك الأوراق أيضًا بصمات جديدة لعمليات التطفر التي تؤدي إلى استبدال القواعد في الحمض النووي، أو إزالتها، أو إضافتها، أو التغيرات البنيوية فيها. كما تحلل تلك الأوراق البحثية توقيتات عملية تطور الأورام وأنماطها، وتصف الآثار الترانسكريبتومية المتنوعة لطفرات الأنسجة الجسدية على كلٍّ من عملية التضفير، ومستويات التعبير الجيني، والجينات الهجينة، ونشاط محفِّزات الجينات. وكذلك تُقيِّم تلك الأوراق مجموعة من السمات المميزة الأكثر تخصصًا للجينومات السرطانية.

The ICGC/TCGA Pan-Cancer Analysis of Whole Genomes Consortium
doi:10.1038/s41586-020-1969-6



الشكل يسارًا | إثبات صحة نتائج سلاسل المعالجة المصمَّمة لتحديد المتغيرات الجينية في دراسة التحليل الشامل للجينومات الكاملة للأنواع السرطانية المختلفة. أ. مخطط التشتت لتقديرات حساسية الخوارزميات الفردية المختلفة، ومدى إحكامها في تحديد المتغيرات أحادية النيوكليوتيدات بالأنسجة الجسدية، بعد تقييم هذه الخوارزميات في تمرينٍ لإثبات صحة نتائجها، أُجريَ على 63 عينة من عينات الدراسة. وتَظْهَر الخوارزميات الأساسية التي استخدمها التحليل النهائي للدراسة باللون الأزرق. ب. تقديرات حساسية الخوارزميات الفردية وإحكامها في تحديد التغيرات الجينية المتعلقة بإزالة القواعد، أو إضافتها ج. دقة الخوارزميات الأساسية في تحديد المتغيرات أحادية النيوكليوتيدات بالأنسجة الجسدية لنسب الطفرات المختلفة بين الأليلات (VAF)، وتشمل الدقة: الإحكام، والحساسية، وناتج معامل «إف 1» F1، الذي يُحسب من خلال المعادلة: ويُظهر الشكل أيضًا دقة طريقتين للجمع بين التغيرات المكتشفة (وهما طريقة «تو بلس» two-plus التي استُخدمت في مجموعة البيانات النهائية، وطريقة الانحدار اللوجيستي logistic regression) د. دقة تحديد التغيرات الجينية المتعلقة بإزالة القواعد أو إضافتها لنِسَب الطفرات المختلفة بين الأليلات.

مؤشرات قصور نمو أطفال الدول منخفضة الدخل ومتوسطته

يرتبط سوء التغذية بارتفاع معدلات الاعتلال والوفاة بين الأطفال على مستوى العالم. والأطفال الذين يعانون نقص التغذية يصبحون أكثر عرضةً لمشكلات قصور النمو الأيضي، والبدني، والإدراكي، التي قد تؤدي لاحقًا إلى الإصابة بأمراض القلب والأوعية الدموية، وضعف القدرات الذهنية والتحصيل الدراسي، وانخفاض الإنتاجية الاقتصادية في مرحلة البلوغ. وتوجد مجموعةٌ فرعية من حالات نقص التغذية، تُعرف بقصور النمو لدى الأطفال (CGF)، تتجلَّى في حالات التقزُّم، والهزال، ونقص الوزن لدى الأطفال تحت عمر خمس سنوات (من 0 إلى 59 شهرًا)، وتتسم بنقص الطول أو الوزن، مقارنةً بمعايير النمو المرجعية التي تختلف حسب العمر. ويُعبَّر عن معدل انتشار التقزم، أو الهزال، أو نقص الوزن بين الأطفال تحت سن 5 سنوات بنسبة من تنحرف لديهم قيم الطول بالنسبة إلى العمر، أو الوزن بالنسبة إلى الطول، أو الوزن بالنسبة إلى العمر -على الترتيب- عن القيم المتوسطة لمعايير النمو المرجعية للأشخاص الأصحاء، التي حددتها منظمة الصحة العالمية، بأكثر من انحرافَين معياريين. وتشير تقديرات مؤشرات قصور النمو لدى الأطفال على مستوى المناطق داخل الدول إلى وجود تباينٍ كبير بينها في كل دولة، لكنَّ هذه التقديرات متاحة في الأساس على المستوى الأول من التقسيم الإداري (أي على مستوى الولايات، أو المقاطعات، على سبيل المثال).

وقد أدى التوزيع الجغرافي غير المتكافئ لقصور النمو لدى الأطفال إلى مزيدٍ من الدعوات لوضع أساليب تقييم تتناسب مع النطاق المحلي لكثيرٍ من برامج الصحة العامة. وفي هذا البحث المنشور، الذي يستند إلى دراسةٍ سابقة للباحثين أنفسهم يضع الباحثون خريطة لقصور النمو لدى الأطفال في أفريقيا. ويقدم الباحثون ما يُعدُّ -حسب

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

علمهم- أوّل التقديراتٍ عالية الاستبانة المكانية لمؤشرات قصور النمو لدى الأطفال، وذلك في الفترة من عام 2000، حتى عام 2017، في 105 دول من الدول منخفضة الدخل ومتوسطته (LMICs) ، التي تعيش فيها نسبة قوامها 99% من الأطفال الذين يعانون قصورًا في النمو.

وهذه التقديرات مُجمَّعة على صعيد المستويين؛ الأول، والثاني (الذي يُقصد به على مستوى المقاطعات أو البلدات)، من التقسيم الإداري للدول، وأيضًا على صعيد الدول، بناءً على السياسات المطبقة في هذه البقاع. ورغم التراجع الملحوظ في نِسَب قصور النمو لدى الأطفال على مدى فترة الدراسة، لاحظ الباحثون أنّ دولًا عديدة من الدول منخفضة الدخل ومتوسطته ما زالت بعيدةً عن تحقيق أهداف التغذية العالمية الطموحة، التي وضعتها منظمة الصحة العالمية، والتي تهدف بحلول عام 2025 إلى تقليل التقزُّم بنسبة 40%، وخفض نسبة الهزال إلى أقل من 5%. وتبيَّن وجود تفاوت كبير في معدلات انتشار حالات قصور النمو والتقدم في مكافحة هذا القصور بين الدول وبعضها، وبين المناطق داخل كل دولة، إذ تكشف خرائط الباحثين وجود مناطق ترتفع فيها معدلات انتشار حالات قصور النمو داخل بلدانٍ نجحت، رغم ذلك، في خفض المعدل الإجمالي لانتشار تلك الحالات بين الأطفال. وبتحديد المناطق التي تقيم فيها المجموعات السكانية الأكثر عوزًا، يمكن لتلك التقديرات المكانية الجغرافية أن تساعد واضعي السياسات على التخطيط لتدخلاتٍ تُناسِب الوضع المحلي لكل منطقة، وفي توجيه الموارد بفعالية؛ للحدّ من انتشار حالات قصور النمو لدى الأطفال، وما يترتب عليها من آثارٍ صحية.

Local Burden of Disease Child Growth Failure Collaborators
doi:10.1038/s41586-019-1878-8

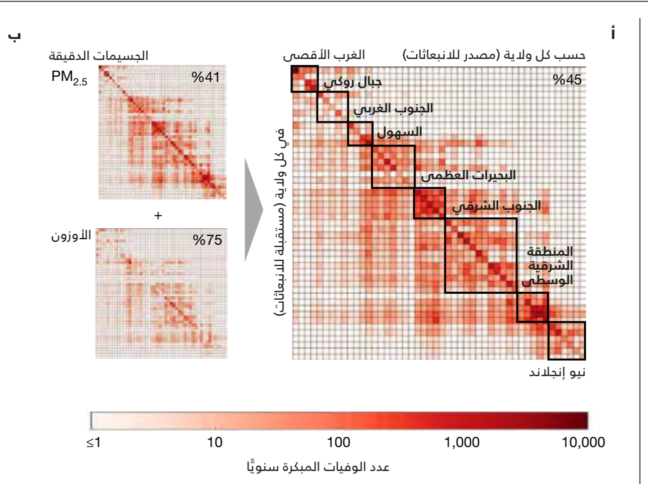
ارتباط الوفيات المبكرة بانتقال تلوث الهواء

يؤثر تلوث الهواء الخارجي سلبًا على صحة البشر. وحسب التقديرات.. يُعَد تلوث الهواء مسؤولًا عن نسبةٍ تتراوح بين 5%، و10% من إجمالي الوفيات المبكرة سنويًّا في الولايات الأمريكية المتجاورة. ويَنْتُج قدرٌ كبير من ملوثات الهواء الضارة، مثل الأوزون، والجسيمات الدقيقة التي يقل قطرها عن 2.5 ميكرومتر (PM2.5)، من انبعاثات الاحتراق الناجمة عن مجموعةٍ متنوعة من المصادر، كتوليد الطاقة، أو الحركة المرورية. وقد ركزت الجهود الرامية إلى الحد من تلوث الهواء –في الأساس- على العلاقة بين مصادر الانبعاثات المحلية، وجودة الهواء المحليّ، غير أنه من الممكن أيضًا أن تتأثر جودة الهواء في ولايةٍ ما بمصادر الانبعاثات البعيدة، بما في ذلك الانبعاثات القادمة من الولايات الفيدرالية الأمريكية المجاورة لها. وتبادُل التلوث بين الولايات على هذا النحو يشكل تحدياتٍ إضافية للوائح التنظيمية.

في هذا البحث المنشور، يحدد الباحثون تبادُل تلوث الهواء بين الولايات الأمريكية المتجاورة، ويُقَيِّمون تأثيره على الوفيات المبكرة المرتبطة بزيادة تعرُّض البشر للجسيمات الدقيقة التي يقل قطرها عن 2.5 ميكرومتر، والأوزون، حيث تنبعث تلك الجسيمات والأوزون من سبعة من قطاعات الانبعاثات، وكان ذلك بين عامي 2005، و2018. ووجد الباحثون -في المتوسط- أنَّ نسبةً تتراوح بين 41%، و53% من الوفيات المبكرة المرتبطة بجودة الهواء، والناتجة عن انبعاثات ولايةٍ ما تحدث خارج تلك الولاية. واكتشفوا أيضًا تفاوتًا في إسهامات قطاعات الانبعاثات المختلفة والأنواع الكيميائية في الوفيات المبكرة الناتجة عن تأثيرات التلوث العابرة للولايات، كما وجدوا تغيراتٍ في هذا التفاوت مع مرور الوقت.

وتبيَّن أنَّ الانبعاثات الناتجة عن توليد الطاقة الكهربية هي صاحبة النصيب الأكبر من التأثيرات العابرة للولايات، مقارنةً بإجمالي تأثيراتها، في حين كان لانبعاثات القطاع التجاري والسكني أقل التأثيرات. ونتيجة جهود خفض الانبعاثات الناتجة عن توليد الطاقة الكهربية منذ عام 2005، أصبحت نسبة الوفيات المبكرة الناجمة عن التأثيرات العابرة للولايات، والمرتبطة بالقطاع التجاري والسكني، بحلول عام 2018 ضِعف نسبة الوفيات المرتبطة بانبعاثات توليد الطاقة. وفيما يتعلق بالأنواع الكيميائية المنبعثة، سببت أكاسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت النسبة الأكبر من الوفيات الناجمة عن التأثيرات العابرة للولايات في عام 2005، غير أنه بحلول عام 2018 أدّت التأثيرات العابرة للولايات، الناتجة عن انبعاثات الجسيمات الدقيقة الأساسية التي يقل قطرها عن 2.5 ميكرومتر، إلى ما يعادل ثلاثة أمثال عدد الوفيات المبكرة المرتبطة بانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت. وهذه التغيرات المرصودة في تأثيرات قطاعات الانبعاثات وأنواع الانبعاثات التي تسهم في الوفاة المبكرة ربما تساعد على توجيه الجهود الهادفة إلى تحسين جودة الهواء في الولايات الأمريكية المتجاورة.

I. Dedoussi *et al*.
doi:10.1038/s41586-020-1983-8



الشكل أعلاه | مصفوفات الولايات المصدرة للانبعاثات، وتلك المستقبِلة لها، وما ترتب عليها من وفيات عام 2011. الشكل أ، تُبيِّن مصفوفة الدول المصدِّرة وتلك المستقبِلة للانبعاثات إجمالي عدد الوفيات المبكرة سنويًّا، وتشمل 48 ولاية (الجزء الأيمن من الشكل). وقد تم تقسيم أسباب الوفيات حسب تلك التي ترجع إلى غاز الأوزون، وتلك التي ترجع إلى الجسيمات الدقيقة التي يقل قطرها عن 2.5 ميكرومتر (الجزء الأيسر). الشكل ب، الوفيات المبكرة بسبب الانبعاثات العابرة للولايات حسب قطاعات الانبعاثات (الجزء الأعلى)، وكل نوع من أنواع الانبعاثات (الجزء الأسفل) التي تؤدي إلى تكوُّن الأوزون، و/أو الجسيمات الدقيقة التي يقل قطرها عن 2.5 ميكرومتر. قُسمت الولايات في مجموعات، حسب مناطق المكتب الأمريكي للتحليل الاقتصادي، ورُتِّبت من الغرب (يسارًا) إلى الشرق (يمينًا)، والترتيب ممثَّل في البيانات الممتدة في الشكل رقم 1. تمثل النسب المئوية داخل المربعات قدرًا ضئيلًا من التأثيرات التي تحدث خارج الولاية المُنتِجة للانبعاثات. ويتطلب الحصول على هذه المصفوفات المُلخصة باستخدام الأساليب التقليدية (مثل طريقة «الفرق الأمامي» forward difference) عمليات محاكاة، مدتها 433 عامًا.

أجرام محاطة بالغبار حول الثقب الأسود عظيم الكتلة لمجرّتنا

تحتوي المنطقة المركزية، البالغ امتدادها 0.1 فرسخ فلكي في مجرة درب التبانة، على ثقبٍ أسود شديد الضخامة، يميزه العلماء بكونه موقع مصدر الموجات الراديوية وتحت الحمراء، المعروف باسم «ساجيتاريوس إيه ستار» Sagittarius A*، ويتسم بعنقودٍ من النجوم الضخمة اليافعة (نجوم النوع «إس»)، وعديدٍ من السمات الغازية المرصودة. وفي الآونة الأخيرة، رُصِدَ جرمان غريبان يدوران حول «ساجيتاريوس إيه ستار» على مسافةٍ قريبة منه، يُعرفان باسم المَصْدَرَين «جي» G sources، أولهما «جي1» G1، والثاني «جي2» G2. ويبدو هذان الجرمان كنقطتين عند رصدهما (يبلغ حجمهما حواليماءة وحدة فلكية، ما عدا عند نقطة البُعْد الزاوي الحضيضي، حيث يتسبب التفاعل المَدِّيللجرمين مع الثقب الأسود في تمدُّدهما على طول المدار)، ويبدو أنّ هناك انبعاثات غبارٍ حراري تَصْدُر عنهما، وكذلك انبعاثات خطية من الغاز المتأين. وقد جذب الجرمان «جي1»، و«جي2» انتباه الباحثين، نظرًا إلى ما بدا من تفاعلٍ مَدِّي بينهما وبين الثقب الأسود عظيم الكتلة بمجرّتنا، وهو تفاعلٌ ربما يُعزِّز نشاط مراكمة الغاز، والغبار، وغيرهما من المواد حول الثقب. ولم يُتَوَصَّل بعد إلى إجماعٍ عام بشأن طبيعة الجرمين، إذ تظهر عليهما سمات سُحُب الغاز والغبار، لكنّهما يُظْهِران كذلك الخصائص الديناميكية للأجرام ذات الكتل النجمية. وفي هذا البحث المنشور، يُورِد الباحثون أرصادًا لأربعة أجرام جديدة

من الأجرام «جي»، كلها تقع في نطاق 0.04 فرسخ فلكي من الثقب الأسود، وتُكوِّن فئةً من الأجرام، ربما تنفرد بها هذه المنطقة. وتدل المدارات شديدة التبايُن - التي استنتج الباحثون أنَّ أجرام «جي» الستة تدور فيها - على أنَّ تلك الأجرام نشأت منفصلةً، ولكنْ عبر عمليةٍ مشتركة.

A.Ciurlo *et al*.
doi:10.1038/s41586-019-1883-y

تشكُّل نشاط الدماغ وسلوك البحث عن الغذاء

للدماغ حالاتٌ داخلية ثابتة، يمكنها تنظيم كل جانب من جوانب التجارب الذهنية التي يخوضها الحيوان. وهذه الحالات الداخلية تتسم بالتغير المستمر أثناء المهام المعقدة، مثل البحث عن الطعام. وعلى سبيل المثال.. يتقلب نشاط دودة الربداء الرشيقة *Caenorhabditis elegans* في أثناء البحث عن الطعام بين البحث في محيطها، والانتشار خارجه، بينما تتقلب القوارض والرئيسيات بين حالتي استغلال الموارد المتاحة، والاستكشاف، بيد أنه لم تُجِبْ بعد التساؤلات الجوهرية المطروحة عن الكيفية التي يحافظ بها الدماغ على استمرارية تلك الحالات الثابتة، وأي الشبكات العصبية المُرسلة للإشارات مسؤولة عن التحول لتلك الحالات، وأيضًا كيف تتحكم الخلايا العصبية المُرمِّزة لتلك الحالات في النشاط العصبي في عمليات الإدراك الحسي، واتخاذ القرارات، وذلك لتنظيم السلوك المناسب. وفي هذا البحث المنشور، يستخدم الباحثون التصوير المجهري التتبعي في دعاميص (صغار) أسماك زرد تتحرك بحرية، لرصد نشاط الخلايا العصبية في أدمغتها بأكملها باستبانة خلوية.

وقد أوضح الباحثون أنَّ أسماك الزرد تتقلب تلقائيًّا بين حالتين داخليتين ثابتتين أثناء البحث عن فريسةٍ حية (كائن البراميسيوم *Paramecia*.) ففي حالة استغلال الموارد المتاحة، تحدّ الأسماك من حركتها، وتعزز سلوك الصيد، لتتحرك في مساراتٍ قصيرة في منطقةٍ محدودة محيطة بموقعها. أما في حالة الاستكشاف، فتعزز الأسماك سلوك الحركة، وتثبط سلوك الصيد، فتتحرك في مساراتٍ طويلة تُوَسِّع مساحة انتشارها. ويكشف الباحثون عن وجود مجموعةٍ فرعية من الخلايا العصبية في منطقة الرفاء الظهراني، ذات نشاطٍ ثابت، تُرمِّز بفعالية حالة استغلال الموارد. وهذه الخلايا العصبية المُرمِّزة لحالة الاستغلال، إلى جانب شبكة التحفيز متعددة الأنماط المرتبطة بالتحولات في حالات الدماغ الداخلية، تشكلان معًا نظامًا ديناميكيًّا غير خطي يُنشِّط عشوائيًّا.

ويرتبط نشاط هذه الشبكة المتقلبة بعملية إعادة ضبط شاملة للتحولات الحسية الحركية أثناء البحث عن الطعام، تؤدي إلى تغييراتٍ ملحوظة في كلٍّ من الدافع الذي يحرك الحيوان لاصطياد الفريسة، وفي دقة تسلسلات الحركة أثناء الصيد. وبهذا.. يكشف هذا العمل متغيرًا خفيًّا مهمًّا، يُشكِّل النسق الزمني لعملية التحفيز واتخاذ القرار.

J. Marques *et al*.
doi:10.1038/s41586-019-1858-z

تخليق أيسومرات سكرية بتصاوغ صنوي انتقائيّ الموقع

تؤدي الجلايكانات وظائف فسيولوجية مختلفة، تتنوع ما بين تخزين الطاقة، والسلامة البنيوية، وعمليات التأشير الخلوي، وتنظيم العمليات الحيوية داخل الخلايا. ورغم أن الكربوهيدرات المشتقة من الكتلة الحيوية (مثل الجلوكوز الأيمن «دي-جلوكوز»، والزيلوز الأيمن «دي-زيلوز» والجلاكتوز الأيمن «دي-جالاكتوز») تُستخدم على نطاق تجاري، وتعمل كمواد خام كيميائية، ووحدات بنائية متجددة، فإن هناك مئات من السكريات الأحادية المتمايزة التي لا يمكن في المعتاد عزلها عن مصادرها الطبيعية، وإنما يتعين تحضيرها عبر عمليات تخليق كيميائية أو إنزيمية متعددة الخطوات. هذه السكريات «النادرة» تظهر بوضوح في المنتجات الطبيعية، والمستحضرات الدوائية النشطة بيولوجيًّا، ومن بينها العقاقير المضادة للفيروسات، والمضادة للبكتيريا، والمقاومة للسرطان، وتلك المستخدَمة في علاج أمراض القلب.

في البحث المنشور، يشير الباحثون إلى عملية تجهيز أيسومرات سكرية نادرة مباشرة من كربوهيدرات مشتقة من الكتلة الحيوية، وذلك عبر تفاعلات تصاوغ صنويّ انتقائية الموقع. وكانت الدراسات الميكانيكية قد أثبتت أن هذه التفاعلات تحدث في ظل تحكُّم حركيّ، عبر خطوتين متتابعتين من استخلاص ذَرّة الهيدروجين من الجزيئات، ومَنْح ذَرّة الهيدروجين، وهما خطوتان تحفِّزهما مادتان حفازتان مختلفتان. تقدم استراتيجية التخليق هذه مُدخلًا دقيقًا وشاملًا إلى هذه الفئة القيمة من المركّبات الطبيعية.

Y. Wang *et al*.
doi:10.1038/s41586-020-1937-1

الشكل أسفله | أساليب مستخدمة في التصاوغ الصنويّ للسكريات. (أ) لا يمكن الحصول على عدد كبير من السكريات الأحادية من مصادر طبيعية. (ب) ثمة مئات من السكريات النادرة التي توجد في المنتجات الطبيعية المرتبطة بالجليكوزيل، وتظهر بوضوح فيها. (ج) تتضمن عملية التصاوغ الصنوي الجذرية المعتمِدة على العامل المساعد SAM، والتي تجري بواسطة بروتين NeoN الموجود في النيوميسين سي، نقلًا متتابعًا لذَرّة الهيدروجين من الركيزة إلى الجذر 5'-deoxyadenoxyl، ومن السيستيين - تيول (Cys-249–SH) إلى الركيزة. (Met–) تعني ناقص المِثيونين). (د) عملية التصاوغ الصنويّ الكيميائية المباشرة لسكريات الكتلة الحيوية المقترحة للسكريات النادرة الموصوفة هنا.

آخِر ظهور للإنسان المنتصب في نجاندونج

يُشَكِّل الإنسان المنتصب *Homo erectus* أصل جنس أشباه الإنسان المبكرة في جزيرة جنوب شرق آسيا. وقد وصل إلى جزيرة جافا (في إندونيسيا) قبل أكثر من 1.5 مليون عام. وكان العلماء قد عثروا على 12 قمة جمجمة، وعلى عظْمَتي قصبة ساق (عظام الساق السفلى)، تعودان إلى جنس الإنسان المنتصب، في طبقة أحافير عظمية تقع على ارتفاع عشرين مترًا فوق سطح نهر سولو في نجاندونج (جاوا الوسطى)، وذلك بين عامي 1931، و1933. وتنتمي هذه العظام إلى الهيئة الأحدث والأكثر تطورًا من الإنسان المنتصب. وبرغم أهمية حفريات نجاندونج، إلا أنّ العلاقة بين الحفريات، والمدرج النهري، والتواريخ كانت محل جدل كبير.

ولتسوية مسألة عمر دليل نجاندونج، استخدم العلماء في هذا البحث المنشور النمذجة البايزية لاثنين وخمسين تقديرًا من تقديرات العمر الإشعاعية، وذلك لوضع تسلسل زمني مُحْكَم، استنادًا إلى مقاييس إقليمية ومحلّية، ومقاييس الوادي.

استخدم الباحثون تقنية تأريخ النشاط الإشعاعي باستخدام سلسلة اليورانيوم لنوازل الكهوف، وذلك بغرض الوقوف عند تطور التضاريس الإقليمية، كما استخدموا التأريخ بالإضاءة، وبنظائر الأرجون المشع 40/39، وكذلك بسلسلة اليورانيوم؛ لتحديد تسلسُل تطوُّر المدرج النهري. وإضافة إلى ذلك.. طبَّق الباحثون تقنية تأريخ النشاط الإشعاعي باستخدام سلسلة اليورانيوم، وأيضًا تسلسل اليورانيوم المصحوب برنين اللف المغزلي للإلكترون (US-ESR) على الحفريات غير البشرية، حتى يؤرخوا -بشكل مباشر- الحفريات المستخرَجة من عملية إعادة تنقيب نجاندونج.

يوضح الباحثون أن نهر سولو قد انحرف نحو تلال كيندينج منذ ما لا يقل عن 500 ألف عام، وأنه شَكَّل تسلسلَ مدرج سولو النهري في الفترة ما بين 316 ألف عام، و31 ألف عام، كما شَكَّل مدرج نجاندونج النهري في الفترة ما بين 140 ألف عام، و92 ألف عام تقريبًا.

تعود الحفريات غير البشرية المُستخرَجة أثناء عمليات إعادة التنقيب

في نجاندونج إلى الفترة ما بين 109 آلاف عام، و106 آلاف عام (الحد الأدنى للتأريخ بسلسلة اليورانيوم)، و134 ألف عام، و118 ألف عام (تسلسل اليورانيوم المصحوب برنين اللف المغزلي للإلكترون)، أما أعمار طبقة أحافير عظام الإنسان المنتصب، التي تراكمت خلال ظروف الفيضان، فتُقَدَّر بـ117 ألف عام إلى 108 آلاف عام، من خلال عملية النمذجة.

تنفي تلك النتائج الأعمارَ غير الدقيقة التي كانت قد اقتُرِحت لهذا الموقع، وتعزِّز فهْم العلماء لموقع نجاندونج، بوصفه آخِر وجود معروف لذلك الجنس الذي عَمّر طويلًا.

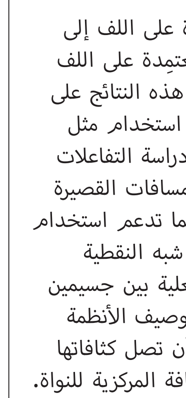
Y. Rizal *et al*.
doi:10.1038/s41586-019-1863-2

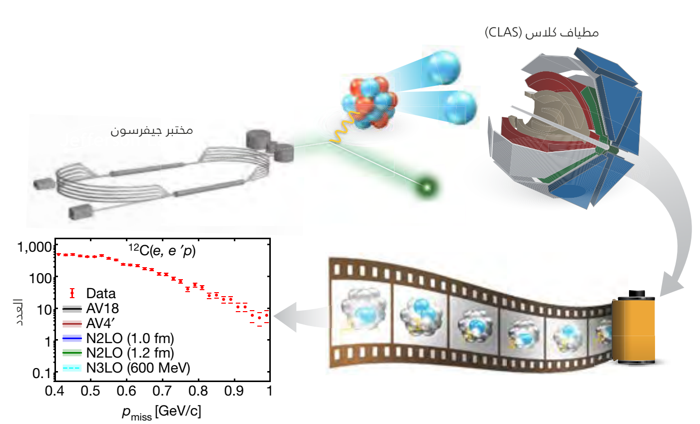
ماهِيّة التفاعلات النووية القوية

إنّ التفاعل النووي القوي بين النيوكليونات (البروتونات والنيوترونات) لَهُوَ القوة الفعلية التي تُبقِي على تماسك نواة الذَّرة. تنبع هذه القوة من التفاعلات الأساسية بين الكواركات والجلونات (الوحدات المكوِّنة للنيوكليونات)، التي توصف في ضوء معادلات الكروموديناميكا الكمية، غير أنه لَمَّا كانت هذه المعادلات لا يمكن حلّها مباشرةً، فإنَّ التفاعلات النووية توصف باستخدام نماذج مبسطة، يسهل التحكم فيها في حالة المسافات التقليدية بين النيوكليونات، لكنْ ليس في حالة المسافات القصيرة. يقوِّض هذا قدرتنا على وصف المواد النووية عالية الكثافة، كتلك الموجودة في لُب النجوم النيوترونية.

في البحث المنشور، يستعين الباحثون بقياسات تشتت الإلكترونات عالية الطاقة، التي تعزل أزواج النيوكليونات في ترتيباتٍ عالية الزخم، بينها مسافاتٌ قصيرة، مما يتيح رصد نظامٍ حركي لم تسبق دراسته في أي تجربةٍ من قبل، يتطابق مع زخمٍ نسبي بين الأزواج، تزيد قيمته على 400 ميجا إلكترون فولت لكل «c» (حيث c هي سرعة الضوء في الفراغ). ولاحظ الباحثون أنَّه مع زيادة الزخم النسبي بين اثنين من النيوكليونات، وانكماش المسافة الفاصلة بينهما بالتبعية، تتحول القوة بينهما -في الأساس- من كميةٍ ممتدة معتمِدة على اللف إلى كميةٍ قياسية غير معتمِدة على اللف في الأساس. تبرهن هذه النتائج على الفائدة العائدة من استخدام مثل هذه القياسات في دراسة التفاعلات النووية في حالة المسافات القصيرة بين النيوكليونات، كما تدعم استخدام نماذج النيوكليونات شبه النقطة ذات التفاعلات الفعلية بين جسيمين أو ثلاثة، من أجل توصيف الأنظمة النووية التي يمكن أن تصل كثافاتها إلى عدة أمثال الكثافة المركزية للنواة.

A. Schmidt *et al*.
doi:10.1038/s41586-020-2021-6





الشكل أعلاه | استخدام قياسات تشتت الإلكترونات لدراسة التفاعلات النووية. تضرب نويات الذرات إلكترونات بقوة 5 جيجا إلكترون فولت، ناتجة عن مسرع مختبر جيفرسون (أعلى يسار الصورة)، وتفكك أزواج النيوكليونات ذات الارتباطات قصيرة المدى (أعلى منتصف الصورة). يُستخدَم مطياف مختبر جيفرسون واسع النطاق (أعلى يمين الصورة) في رصد الإلكترونات المشتتة (الكرات الخضراء)، والبروتونات المُقتلَعة (الكرات الزرقاء)، وهو ما يتيح وضْع تصوُّر لحالاتها المبدئية داخل النواة. وعن طريق الجمع بين عدد كبير من هذه المشاهدات، يمكن وضع نموذج لتوزيع هذه الأزواج داخل النواة، ومقارنته بالحسابات النظرية، باستخدام نماذج مختلفة للتفاعلات النووية القوية. والجزء أسفل يسار الشكل يتضمن بياناتٍ تعبر عن تلك العملية، مأخوذة من الشكل.

العناصر السريعة والبطيئة في التعلُّم الحركي

تُقاس عادةً التغيراتُ السلوكية الناجمة عن المؤثرات البيئية والتطور والتعلُّم من خلال سماتٍ قليلة منتقاة (على سبيل المثال، متوسط طبقة الصوت في التعبيرات الصوتية)، بافتراض وجود فئاتٍ مختلفة من السلوك (على سبيل المثال، مقاطع صوتية مختلفة). غير أنَّ طرق القياس تلك غير قابلة للتعميم بشكل جيّد على السلوكيات والنماذج المختلفة، وقد تُغفِل عناصر مهمة في عملية التغيّر السلوكي. وفي هذا البحث المنشور، يقدم الباحثون توصيفًا أكثر عمومية لعملية التغيّر السلوكي، بالاستناد إلى المقاربة الإحصائية المعروفة باسم «تحليل الجار الأقرب»، ويطبِّقون نهجهم على تطوُّر الأداء الغنائي لطائر الزيبرا فينش المغرِّد. في البدء، يقدِّم الباحثون مبدأ «تأريخ حصيلة المهارات السلوكية»، والذي يُسنَد عبره كل أداءٍ لسلوكٍ ما (كل تعبيرٍ صوتي على سبيل المثال) إلى توقيتٍ معين في حصيلة المهارات السلوكية، ليعكس التوقيت الذي شاعت فيه حالات الأداء المتماثل في الحصيلة. وتُميز التوقيتات في حصيلة المهارات السلوكية عناصر التبايُن الصوتي المتّسقة مع التغيرات طويلة المدى، الناتجة عن التعلّم والتطور الصوتي. بالإضافة إلى ذلك، تصنف هذه التوقيتات حصيلة المهارات السلوكية إلى «تخلف» في الأداء، و«استباق»، و«أداء نموذجي». وثانيًا، يخرج الباحثون بوصفٍ شامل للتغيرات في الصوت يتّسم بعددٍ قليل من الأبعاد، في صورة «مساراتٍ سلوكية» مُصنَّفة، وهو ما يكشف عناصر متعدّدة للتغير السلوكي في نطاقاتٍ زمنية سريعة وبطيئة، وهي عناصر لم تكن قد اكتُشِفَت من قبل. ولاحظ الباحثون أيضًا أنماطًا مختلفة لعملية تعزيز التغيّرات السلوكية خلال الليل على مدى حصيلة المهارات السلوكية، ووجدوا أنَّ التغيّرات النهارية التي تطرأ في حالات تخلّف الأداء لا تُعزَّز إلا بصورة ضعيفة، بينما تعزَّز التغيّرات في حالات الاستباق والأداء النموذجي إلى أقصى درجة. ونظرًا لإمكان تعميم هذه المقاربة التي استخدمها الباحثون لتوصيف التغيّر السلوكي، والتي لا تفترض توزيعًا طبيعيًّا للمتغيّرات، وترصد تطور السلوك بالنسبة إلى ذاته، وليس إلى هدفٍ قد يكون عشوائيًّا يحدّده الباحث، تبدو هذه المقاربة ملائمةً لمقارنة التعلُّم والتغيُّر السلوكي عبر السلوكيات والفصائل، وكذلك النظم البيولوجية والاصطناعية.

S. Kollmorgen *et al*.
doi:10.1038/s41586-019-1892-x

فيروس كورونا جديد يصيب البشر في الصين

تشكِّل الأمراض المُعدية الناشئة -مثل (سارس) SARS، و(زيكا) Zika- خطرًا كبيرًا على الصحة العامة. فعلى الرغم من الجهود البحثية المكثفة، تظل التساؤلات عن كيفية ظهور الأمراض الجديدة، وتوقيت ظهورها وأماكنه مَصدرًا كبيرًا للشك. وقد وردت أنباء مؤخرًا عن ظهور مرض تنفسي حاد في مدينة ووهان بمقاطعة هوبي بالصين. وحتى الخامس والعشرين من يناير 2020، كانت حالات الإصابة قد وصلت إلى 1975 حالة على الأقل، وذلك منذ احتجاز أول مريض في المستشفى في الثاني عشر من ديسمبر 2019.

وأشارت الدراسات الوبائية إلى أن التفشي الوبائي انطلق من سوق للمأكولات البحرية في ووهان. وقد دَرَس الباحثون حالة مريض واحد كان يعمل في السوق، وكان قد احتُجز في مستشفى ووهان المركزي في السادس والعشرين من ديسمبر 2019، إثر معاناته من متلازمة تنفسية حادة، شملت أعراضها الحمى، والدُّوار، والسعال. وقد أدّت دراسة ميتاجينومية لتسلسل الحمض النووي الريبي لعينة سائل غسل القصبات والأسناخ إلى التعرف على فيروس حمض نووي ريبي جديد ينتمي إلى عائلة الفيروسات التاجية *Coronaviridae*، يُطلَق عليه في هذه الدراسة فيروس كورونا WH-Human-1. وقد كشف تحليل التطور السلالي للجينوم الفيروسي الكامل (29903 نيوكليوتيدات) أن الفيروس كان أقرب ما يكون (تشابه النيوكليوتيدات بنسبة 89.1%) إلى مجموعة من فيروسات كورونا الشبيهة بفيروس سارس (الجنس *Betacoronavirus*، والجُنيس *Sarbecovirus*) التي ظهرت من قبل في عينات مأخوذة من خفافيش في الصين. ويُبرِز هذا التفشي الوبائي قدرة الفيروسات المستمرة على التسرب من الحيوانات؛ لتُسَبِّب أمراضًا خطيرة في البشر.

F. Wu *et al*.
doi:10.1038/s41586-020-2008-3



مهن علمية



ارسل قصة مسيرتك المهنية
إلى: Naturecareerseditor@
nature.com



TRISTAN BRAND

عالمة الحفاظ على البيئة إرين جيكوب (جهة اليمين) أثناء إجراء بحث ميدانيّ مع زميل لها في مقاطعة كولومبيا البريطانية بكندا عام 2018.

أسرار صياغة مقترحات بحثية تحصد المِنَح التمويلية

علماء مخضرمون يكشفون أسرارًا لتجنُّب الوقوع في الأخطاء عند التقدم للحصول على منح بحثية تمويلية. **إيميلي زون**

تتطرّق كايلي بول عادةً في بداية ورشات العمل التي تقدِّمها حول كتابة طلبات الحصول على المنح إلى خبراتها الشخصية مع النجاح والفشل في الحصول على التمويلات على مدار حياتها المهنية. وتقول، على سبيل المثال: "فلنقل إنني نجحت في اجتذاب مِنَح تمويلية، تزيد قيمتها على 25 مليون دولار، وحظيت بالتمويل في أكثر من 60 منحة تنافسية، لكنّ ضِعْف هذا العدد من المنح التي قدَّمْتُها قوبل بالرفض. وفي أحيان كثيرة.. يجد العديد من الباحثين في مقتبل حياتهم المهنية صعوبةً شديدة في تقبّل ذلك الرفض، لكنني أعتقد أن المرء يتعلم الكثير من المنح المرفوضة".

تُعَد كتابة مقترحات بحثية للحصول على المنح أحد المتطلبات الوظيفية للعلماء الباحثين، الذين يحتاجون إلى تمويل مشروعاتهم عامًا تلو الآخر. ومعظم المقترحات يُرفَض في نهاية المطاف، لكن تلك العثرات تمنح الباحثين فرصةً لتعلم طريقة الحصول على فرص أخرى، وصياغة مقترحات أفضل، والتعامل مع أنظمة تقديم المنح بصورة أفضل. وتقول بول -التي تدير ورشات عمل إلى جانب عملها كعالمة متخصصة في علم السلوك بجامعة ديكن في ميلبورن بأستراليا- إن تكريس وقتٍ للتعلّم من عثرات الآخرين ونجاحاتهم يمكن أن يساعد على تعزيز فرص الحصول على تمويل.

ادرس متطلبات المنحة بعناية

صارت المنافَسة على المنح محتدمة أكثر من أي وقت مضى، فعلى سبيل المثال.. أُعلَن برنامج «هورايزون 2020» Horizon 2020، التابع للمفوضية الأوروبية -وهو أضخم برنامج للبحوث والابتكار أطلقه الاتحاد الأوروبي، وتقدَّر ميزانيته بقرابة 80 مليار يورو (89 مليار دولار)، خُصصت لتمويل الأبحاث بين عامي 2014، و-2020 عن نجاح 14% من المقترحات البحثية في الحصول على منح في أول مائة دعوة أطلقها لتلقِّي هذه المقترحات، بل وكانت نسب النجاح في تقديم المقترحات البحثية تحت بعض الفئات أقل. ونشرت المفوضية الأوروبية أيضًا مقترحها لبرنامج «هورايزون يوروب» Horizon Europe، وهو برنامج بميزانية قدرها 100 مليار يورو، من المقرر أن يخلف برنامج «هورايزون 2020». أما في أستراليا، فقد موَّل المجلس الوطني للصحة والأبحاث الطبية أقل من 20% من

المقترحات التي قُدِمَت له منذ عام 2017. وفي العام نفسه، تلقَّت مؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية (NSF) 49,415 مقترحًا بحثيًّا، موَّلَت منهم 11,447، أي أقل من 25%. وهذا يعني عشرات الآلاف من المقترحات المرفوضة في عام واحد من مؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية وحدها.

وحتى كون المرء عالِمًا مشهورًا لا يضمن قبول مقترحه البحثي. ففي اليوم نفسه الذي فازت فيه عالمة البيولوجيا الجزيئية كارول جرايدر بجائزة نوبل لعام 2009، علمت أن مقترحها الذي كانت قد قدمَته -في وقت قريب- للحصول على منحة قد قوبل بالرفض. وفي كلمتها التي ألقتها في حفل تخرُّج دفعة عام 2017 من مختبر «كولد سبرينج هاربور» في نيويورك قالت: "حتى في اليوم الذي تفوز فيه بجائزة نوبل، قد يتشكك البعض فيما إذا كنت تعرف حقًّا ما تفعله، أم لا".

ولزيادة فرص النجاح في الحصول على تمويل، يقترح العلماء إجراء بحث مكثف حول المنح المتاحة، وملاحظة الفروق في أنواع المشروعات التي تموِّلها مؤسسات التمويل المختلفة. وعلى سبيل المثال.. تميل المؤسسات الحكومية -مثل مؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية- إلى الاهتمام بالعلوم الأساسية التي تتناول أسئلة مفاهيمية كبيرة، حسبما تقول ليزلي ريسلر، التي تعمل مديرة برامج منح في قسم البيولوجيا البيئية، التابع لمؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية بمدينة أليكساندريا في ولاية فيرجينيا. ومن ناحية أخرى.. فالمؤسسات الخاصة قد تُعطي أولوية لمشروعات توجِّه التغيّر الاجتماعي، أو ذات فوائد عملية تتسق مع إحدى المهام المحددة لها.

الترويج للمقترح البحثي

تصفحت بول مؤخرًا أكثر من مائتي صفحة من المحتوى على الإنترنت، قبل أن تبدأ كتابة مقترح بحثي لها. وهي تنصح بقراءة المواصفات والإرشادات الخاصة بالمنحة التمويلية بعناية، قبل الشروع في تقديم طلب التمويل، فهذا المجهود قد يوفر وقتًا في نهاية المطاف؛ إذ يساعد الباحثين على اكتشاف المنح التي تناسبهم، وتلك التي لا تناسبهم. وتقول بول: "إذا لم تكن مستوفيًا تمامًا لما يبحث عنه مقدمو المنحة، فقد تكون كتابة طلب الحصول على المنحة مضيعة لوقتك".

ويقترح العلماء المخضرمون دراسة مقترحات جرى قبولها، يمكن الحصول عليها -في العادة- من الزملاء والمشرفين محل الثقة، وكذلك من مكتبات الجامعات، وقواعد البيانات الموجودة على الإنترنت. وعلى سبيل المثال.. يحتوي موقع إلكتروني يُسمَّى «أوبن جرانتس» Open Grants على أكثر من مائتي طلب حصول على منحة، بعضها نجح، والبعض الآخر لم يحقق نجاحًا، وهي متاحة للمطالعة المجانية.

وتنصح أماندا ستانلي، المديرة التنفيذية لمنظمة «كومباس» COMPASS –وهي منظمة داعمة لعلماء البيئة، وغير هادفة إلى الربح، يقع مقرها في بورتلاند– كاتبي طلبات الحصول على منح بألّا يخشوا التواصل مع وكالات المنح، سواء عبر البريد الإلكتروني، أم الهاتف؛ لمناقشة اهتمامهم المحتمَل بأحد المشروعات. ومن الجدير بالذكر أن ستانلي عملت لستة أعوام مسؤولة برامج لدى مؤسسة «ويلبرفورس» Wilburforce في سياتل بواشنطن، وهي مؤسسة تدعم علوم الحفاظ على البيئة. وفي تلك المؤسسة، وفي مؤسسات خاصة أخرى، تبدأ عادةً عملية التقدم بطلب للحصول على منحة بـ«عرض مُقْنِع بسيط»، يستعرض بإيجاز المشروع. ويجب أن تغطي عملية العرض هذه عدة نقاط أساسية. تقول ستانلي: "عليك أن تطرح غايتك مما تحاول القيام به، وأهميته، ونبذة عنك، وعن الأشخاص الذين تتعاون معهم، وأن تفتح الباب لمزيد من التواصل". وتنوِّه ستانلي إلى أن المقترح الناجح يجب أن يتسق مع الأهداف الاستراتيجية للمؤسسة.

إنّ لكل مؤسسة إجراءاتها الخاصة، لكن الخطوات التالية عادة ما تتضمن محادثة هاتفية، وتقديم ملخص مكتوب، وأخيرًا.. دعوة للتقدم بطلب رسمي. تقول ستانلي: "بمجرد أن يوجه إليك مسؤول برنامج المنحة دعوةً للتقدم بمقترح بحثي، تصبح فرصك في الحصول على تمويل قوية جدًّا".

خطوات صياغة مقترح بحثي مكتوب

يجب أن يضع مقدم الطلب نفسه مكان مراجعي طلبات الحصول على منح، الذين قد يتعين عليهم قراءة عشرات الطلبات حول موضوعاتٍ معقدةٍ تقع خارج مجال تخصصهم، مع الموازنة في كثير من الأحيان بين ذلك، وبين العمل على أبحاثهم الشخصية.

تقول شيريل سمايث، مديرة برنامج المنح الدولية بمعهد بابراهام، وهو معهد علوم حياتية بكامبريدج في المملكة المتحدة: "تخيل أنك متعَب، ومتعكر المزاج، وتشعر بالجوع، وعليك مراجعة 50 طلبًا. فَكِّرْ كيف تستطيع، بوصفك مقدِّم طلب، أن تُسَهِّل على المراجعين مهمتهم قدر الإمكان".

يُعَد تنسيق كتابة الطلب عاملًا مهمًّا، حسبما ترى أرين جيكوب، العالمة المُتخصصة في الحفاظ على البيئة في «مبادرة الحفاظ على البيئة من يلوستون إلى يوكون» بكانمور في كندا. فمِنْ شأن استخدام المسافات البيضاء، وكتابة العناوين بخط عريض، وإدراج الرسوم التوضيحية أنْ يجعل المقترحات أسهل في القراءة. وحسبما تقول جيكوب، مُستطردة: "يميل الطلاب إلى حشر أكبر قدر ممكن من المعلومات، وأحيانًا ما يُشجَّعون على فعل ذلك، فيلجأون إلى كل أنواع الحيل للتلاعب بحجم الهامش، أو تصغير حجم الخط قليلًا، كي يتمكنوا من حشر جملة أخيرة ما. وقراءة ذلك مرهقة للمُراجع".

وتنصح بول بتجنب الأمور التي قد تكون سببًا حاسمًا لرفض الطلب، مثل الأخطاء الإملائية، والزلّات النحوية، والمقترحات الطويلة التي تتعدى حد الكلمات المسموح به. وحسبما تقول، فإن ذلك النوع من الأخطاء يمكن أن يلقي بظلال من الشك حول مدى تحري المتقدمين بالطلب للدقة في أبحاثهم. وتضيف بول أن وضع قائمة بالكلمات المفتاحية –الضرورية للفهارس ومحركات البحث– يجب ألا يكون مجرد فكرة ثانوية. وفي مقترح مشروع لبول كان معنيًّا بالترويج لممارسة الأنشطة البدنية بين النساء، استخدمت وسم: «النساء»، لتوصيف المقترح البحثي. وكان هذا المصطلح فضفاضًا للغاية، وآل مقترحها إلى مُراجِع، اتضح أن مجال تخصصه كان العلوم الاجتماعية والدراساتً القائمة على النوع الاجتماعي، لا التمارين، أو التغذية. ولم يحصل المقترح على درجة جيّدة في جولة المراجعة تلك.

وتقول جيكوب إنّ على المتقدمين استخدام لغة واضحة، بدلًا من المصطلحات المتخصصة المعقدة، كي لا يفقد المُراجِع اهتمامه. وعندما يكون ذِكر التفاصيل الفنية ضروريًّا، أَتْبِع الجملة المعقدة بجملة تلخص الصورة العامة. من هنا، عندما تتأمل جيكوب مقترحاتها الأولى، تتذكر أنها كانت تحشوها بالكلمات، عوضًا عن الدخول مباشرة إلى صلب الموضوع. وتضيف قائلة: "كان هذا أشبه بأن تقول: أكتب هذا المقترح بهدف إجراء دراسة زمانية ومكانية لتبايُن مساحات الغابات خلال تعافيها عقب عدة اضطرابات، بدلًا من: أريد أن أستكشِف ما يحدث عندما تُقطع الأشجار من الغابات، وتُحرق، وتُزرع، وتنمو مرة أخرى».

وتضيف ريسلر أنه يُسمح للمقترحات البحثية المقدَّمة للحصول على المنح أن تتضمن مساحة استعراض أكبر للذات، وأن تعتمد على التخمينات بشكل أكبر، مقارنة بالأوراق البحثية. فعلى حد قولها: "تتمحور المنافسة في المنح حول إقناع لجنة التحكيم بأنّ أفكارك مثيرة للاهتمام، وجديرة بالحصول على المنحة. وبإمكانك إطلاق تعميمات مطلَقة حول الكيفية التي قد تُفيد بها أفكارك المُقترَحة العِلْمَ والمجتمع على المدى الطويل. أما الورقة البحثية، فتتسم بقواعد أكثر صرامة بكثير فيما يخص ما يمكنك أن تذكره، وما يجب عليك أن تذكره".

وتقول ستانلي إنّ الحصول على تدريب في مجال نشر العلوم يمكن أن يكون استراتيجية مجدية لتقوية مهارات كتابة مقترحات الحصول على منح. وتتذكر أنها عندما كانت تُراجِع خطابات لعرض جدوى بعض المقترحات البحثية المقدمة لدى مؤسسة خاصة، لم يتمكن العديد من العلماء من شرح أهمية أبحاثهم على أكمل وجه، لكنْ عندما تلقَّت مقترحات بحثية واضحة ومقْنِعة، كانت أكثر رغبةً في مساعدة أصحابها من العلماء في طرح أفكارهم على وكالات تمويل أخرى يمكن التقدّم إليها، إذا كانت مؤسستها غير



LOUISA WOOD

مديرة برنامج المِنَح شيريل سمايث (على اليسار) تضع في احتياطاتها احتمالية وقوع الأعطال التقنية عند تقديم مقترحات المنح.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مناسبة لهم. والعلماء الذين أرسلوا بطلبات حصول على المنح تتسم بقوة العرض -حتى وإنْ كانت غير ناجحة- كانت فرصهم أكبر في أنْ تموِّل المؤسسة مشروعاتهم التالية.

فن عرض المقترحات البحثية

لتحسين عرض المشروعات ومقترحاتها البحثية، توصي ستانلي بأنْ يَستخدِم العلماء أداة تَواصُل تتيحها منظمة «كومباس» بالمجان، تسمى «ماسيج بوكس وُوركبُوك» Message Box Workbook، من شأنها أن تساعد على تحديد النقاط الأساسية، والإجابة عن سؤال جوهري بالنسبة لأي مُراجِع، وهو: «فماذا بعد؟». وبالإضافة إلى ذلك.. تقدِّم المؤتمرات العلمية غالبًا ندواتٍ أو جلساتٍ يحضرها الممولون، وتُقدَّم فيها نصائح مفيدة لصياغة طلبات الحصول على المنح. وقد يقدم مسؤولو استراتيجيات التطوير في المعاهد المساعِدة للعلماء في التواصل مع الممولين. وعن ذلك.. تقول ستانلي: "مسؤول استراتيجيات التطوير الماهر يساوي وزنه ذهبًا؛ فاحرص على أن تكسبه في صفّك".

تلقّت جيكوب تدريبًا في مجال نشر العلوم من خلال منظمة «كومباس»، ومنظمة «ذا ستوري كولايدر» The Story Collider (وهي مؤسسة مختصة بسرد الأنباء العلمية)، وكذلك من العديد من المؤسسات المشابِهة. وتعلمت كيف تتحدث عن عملها، كما لو كانت تحكي قصة. وأصبحت تذكر الآن تفاصيل شخصية في مقترحاتها ومقابلاتها (عندما تكون هذه التفاصيل ذات صلة)، حيث تشرح هذه التفاصيل المشكلات التي تريد أن تتطرق إليها، وسبب اختيارها التعبير عن آرائها بصراحة بخصوص موضوع الحفاظ على البيئة، وهو مثال على نوع الصراع، والحل، اللذين يُشكّلان قصة جيدة. وتشعر جيكوب أن ذلك النهج يلقى صدى في النفوس، فتقول: "من منظوري كمراجِعة، إذا كانت لديَّ كومة من المقترحات، أود أن أجد من بينها واحدًا يستهويني، فإنّ مثل هذا المقترح البحثي يعلق بالذهن بدرجة أكبر".

وتضيف بول أنّ التركيز بوضوح على نقاط بعينها قد يساعد على دفع المقترح البحثي إلى صدارة كومة المقترحات التي يختار من بينها المُراجِع. ففي واحدة من أُولَى المنح التمويلية الضخمة التي تقدمت للحصول عليها، عرضت مقترحًا بحثيًّا بجَمْع المعلومات حول العوامل الأساسية التي تمنع زيادة الوزن، وبتصميم برنامج لمحاربة السمنة، وتنفيذه. وعندما تسترجع تلك اللحظة، فإنها ترى أنها بالغت في عدد المقترحات التي قدمَتْها، نسبةً إلى الإطار الزمني الذي حددته المنحة، وهو عامان فقط. من هنا، لم تحصل على التمويل، وكان مفاد الآراء التي تلقّتها من المراجعين هو أن ذلك المقترح كان ليحقق نتائج أفضل في حال تقديمه في هيئة مقترحَين منفصلين. وعن ذلك.. تقول بول: "مِن المغري أنْ يرغب المرء في ادّعاء قدرته على حل تلك المشكلات الضخمة والصعبة والمعقدة في مشروع واحد، لكنْ من الناحية الواقعية لا يحدث هذا عادة".

إنّ التعاون مع آخرين قد يعزز بدوره من فرص نجاح طلب التمويل. ففي وقت سابق من هذا العام، حصلت بول على تمويل لدراسة اقترحتها بالتعاون مع اختصاصيي تجارب إكلينيكيةٍ في مستشفى. وقدَّم التمويل برنامج أستراليا لأبحاث مرض السكري. وقد هدفت الدراسة إلى مساعدة المعوزين من مصابي مرض السكري من النوع الثاني على اتباع نظام غذائي صحي. أما في مقتبل مشوارها المهني، فكانت بول تصيغ طلبات الحصول على المنح، بناءً على أفكارها الشخصية، لا على مقترحات اختصاصيي التجارب الإكلينيكية، أو الشركاء الآخرين غير الأكاديميين، لكنها تقول إنها ركزت في دراستها تلك المرة على احتياجات العالَم الفعلية، بدلًا من التركيز على أفكارها هي. وبدلًا من توسيع نطاق دراستها، أبقت نطاقها صغيرًا وبسيطًا، وهو ما سمح لها باختبار صحة منهجيتها، قبل محاولة الحصول على تمويل يغطي التجارب الأضخم.

وتضيف جيكوب أنّ الإقرار بأوجه قصور الدراسة، بدلًا من محاولة الوفاء بتوقعات موضوعة سلفًا يُعَد مقبولًا، بل يُنصح به أيضًا. ففي عام 2016، رُفض مقترَح بحثي لها حول دراسة التخطيط المكاني لتوزيع السكان والأنشطة البشرية على الساحل الغربي لكندا. وكانت الدراسة ستعتمد بشكل أساسي على معارف مجتمعات السكان الأصليين، بوصفها مصدرًا للمعلومات. وقد أعادت تقديم المقترح

> **"يجب ألا يخشى كاتبو طلبات المِنَح التواصل مع وكالات المنح عبر البريد الإلكتروني، أو الهاتف".**

نفسه في العام التالي للمراجعين أنفسهم، لكنْ بمقاربة تنمّ عن ثقة وشفافية أكبر، إذ كانت صريحة بشأن رغبتها في أن تسلك مسارًا مختلفًا عن نوع الأبحاث التي جرَّب الباحثون إجراءها قبلًا. وتلك المرة، أوضحت أنها تريد أن تسمع لسكان المنطقة الأصليين، والاستدلال بأولوياتهم في بحثها. من هنا، حصلت على التمويل. وتستطرد جيكوب قائلة في ذلك الصدد: "رأيت أنني لو غيّرت مقترحي ليتماشى مع ما اعتقدت أن الممولين سيحبذونه، فقد لا يعبِّر هذا بدقة عن بحثي. أردتُ فحسب أن أكون واضحة للغاية بشأن ما أنا عليه، وبشأن ما أود فعله حقًّا، مع نفسي، ومع مَن يُجْرُون معي المقابلة".

ما يجب عليك تجنُّبه

تُعد صياغة مقترح بحثي مهمة صعبة، وكاتبو المقترحات البحثية المخضرمون يوصون بتخصيص كثير من الوقت لهذه المهمة، حيث توصي سمايث بتخصيص أسبوع لكل صفحة من المقترح، منوهةً إلى أن بعض طلبات الحصول على المنح يتطلب عددًا قليلًا من الصفحات فحسب، في حين أن المقترحات التعاوُنية الضخمة للمشروعات التي تستغرق عدة سنوات يمكن أن تمتد لأكثر من مائة صفحة. تقول سمايث: "قد يستغرق الانتهاء من صياغة أحد هذه المقترحات شهورًا".

وحسبما ينصح الخبراء، فمن الضروري أن يتضمن الجدول الزمني لإعداد المقترح البحثي وقتًا لإعادة الصياغة والتنقيح والقراءة من قِبَل آخرين، مثل الأصدقاء، والزملاء، وأفراد العائلة. والعمل على المقترح حتى قبيل الموعد النهائي قد يُضيع أسابيع، أو حتى شهورًا من العمل الشاق. وعلى سبيل المثال.. ذات مرة، سلَّمَت جيكوب في اللحظة الأخيرة مسودةً مبدئيةً بطريق الخطأ، بدلًا من النسخة النهائية. وقد تضمنت أقسامًا مكتوبة بالخط العريض، ومميزة بالألوان، ضمت تعليقات مثل: "ملاحظة لنفسي: حَسِّني صياغة ذلك الجزء". وعليه، لم تحصل على تمويل لذلك المقترح، لكنها لم تكرر ذلك الخطأ مرة أخرى.

كما يجب إفساح مجال من الوقت قبل المنحة، تحسُّبًا للأعطال التقنية، على حد قول سمايث، التي تحكي أنها تلقّت ذات مرة مكالمةً من عالِمٍ ينتمي إلى مؤسسة أخرى، تَمَلَّكه الذعر لأنّ حاسوبه قد تعطل، بينما كان يحاول تسليم مقترح بحثي للحصول على منحة قبل الموعد النهائي بنصف ساعة. وبالفعل، قَدَّمَت هي المقترح البحثي نيابةً عنه قبل الموعد النهائي بـ23 ثانية. وعن ذلك.. تقول: "كانت يدي ترتعش". ولم ينجح ذلك المقترَح في الحصول على منحة، ومع ذلك.. أرسل إليها العالِم زجاجة فاخرة من الشمبانيا بعدها.

إنّ صياغة مقترَح بحثي للحصول على إحدى المنح لا تنتهي بالضرورة عند تسليم هذا المقترح. فقد يستلم المتقدمون طلباتٍ بإعادة صياغة المقترح، أو بمعلومات إضافية. وقد يأتي الرفض أيضًا مصحوبًا بإفادة بالرأي. وإنْ لم يحدث ذلك، فبإمكان المتقدمين طلبه.

لويز نونيز دي أوليفيرا عالِم فيزياء بجامعة ساو باولو في البرازيل، ويعمل أيضًا منسق برامج مِنَح في مؤسسة ساو باولو البحثية، ويقابل أحيانًا أثناء عمله بذلك المنصب متقدمين يريدون معرفة المزيد من المعلومات حول مقترحاتهم المرفوضة. وعن ذلك، يقول: "نعكف على التحقق من سيرهم الذاتية، وحينها ندرك أنه كان لديهم الكثير من الأمور المثيرة للاهتمام ليقولوها عن أنفسهم، ولم يحظوا بفرصة قولها"، مضيفًا: "كل ما يتطلبه الأمر هو كتابة رسالة بريد إلكتروني، تطلب فيها مقابلة [مع الجهة الممولة]".

وتوصي جيكوب بالانتباه إلى إفادات الرأي تلك، لصياغة مقترحات بحثية أفضل مستقبلًا. وقد قدمَتْ طلبًا للحصول على منحة من مجلس بحوث العلوم الطبيعية والهندسة الكندي (NSERC)، لتمويل برنامجها للحصول على الماجستير، بيد أنها لم تحصل عليها من المحاولة الأولى. وبعد أن بعثت رسالة بريد إلكتروني تطلب فيها إفادة بالرأي (أرسلتها إلى عنوان بريد إلكتروني مذكور في مكان غير واضح بالموقع الإلكتروني لمجلس بحوث العلوم الطبيعية والهندسة الكندي)، تمكنت من الاطلاع على نتائجها مصنفة حسب الفئة، وأظهرت أن بعض الدرجات السيئة التي حصلت عليها أثناء الدراسة في برنامج دراستها الجامعية كان العائق الذي حال دون حصولها على المنحة.

لم يكن هناك ما يمكنها فعله بشأن ماضيها، لكنّ معرفة تلك المعلومة دفعتها للعمل بجد أكبر على جوانب أخرى من طلبها. وبعد أن اكتسبت خبرة بحثية وميدانية أكبر، وأسهمت في تأليف ورقة بحثية، وأسست علاقات مع زملاء أكثر خبرةً، بإمكانهم أن يضمنوا كفاءتها لو طُلب رأيهم، نجحت أخيرًا في الحصول على تمويل من مجلس بحوث العلوم الطبيعية والهندسة الكندي في ثالث محاولة لها، بعد عامين من أول رفْض حصلت عليه.

في ذلك الصدد.. تضيف ريسلر أنّ الإفادة بالرأي السلبي قد تكون إحدى أفضل تجارب التعلم. وقد احتفَظَت بأسوأ تقييم حصلت عليه، وهو نقد لاذع لمقترح بحثي بالحصول على منحة، قدمته إلى مؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية في عام 2003، عندما كانت باحثة في مرحلة ما بعد الدكتوراة، تدرس جغرافيا الأنساب المُقارِنة. وهي تقول إن قراءة ذلك النقد كانت مؤلمة، إذ تَضَمَّن تعليقات تذكر أنّ طلبها غير مفهوم، ومليء بالتفاهات.

وبعد تلقِّي ريسلر لتلك الرسالة، التي تحتفظ بها مُكرمَشة على مكتبها، كي تُوَرِّثها للأجيال القادمة، اتصلت بأحد مسؤولي البرنامج القائم على المنحة؛ كي تعرف منه سبب سماحهم لها بالاطلاع على مثل ذلك النقد السلبي العنيف. وقيل لها إنّ كاتب تلك التعليقات النقدية كان حالة استثنائية، وإنّ اللجنة استقرت على التوصية بأنْ ينال مشروعها المنحة، التي حصلت عليها في نهاية الأمر. وعن ذلك.. تقول ريسلر، التي تقدِّم المساعدة الآن في اتخاذ القرارات النهائية بشأن تمويل علماء آخرين: "تعلمتُ أنّ على المرء أن يكون قويّ التحمل". وهي تشدد على أنه برغم تبايُن آراء المراجعين، إلا أن جميع المقترحات تخضع لمراجعة خبراء مستقلين، وتَتَّبعها مناقشات لأعضاء اللجنة، وإشراف إضافي من مديري برنامج المنحة.

وعادةً ما تثير صياغة طلب الحصول على منحةٍ القلقَ بين العلماء في بداية حيواتهم المهنية، لكن الفرص متاحة لأولئك الذين يملكون استعدادًا لاستثمار الوقت في الابتكار، وتجاوز حالات الرفض والنقد السلبي. تقول ريسلر: "لا يمكننا مراجعة مقترحات لم نستلمها من الأصل".

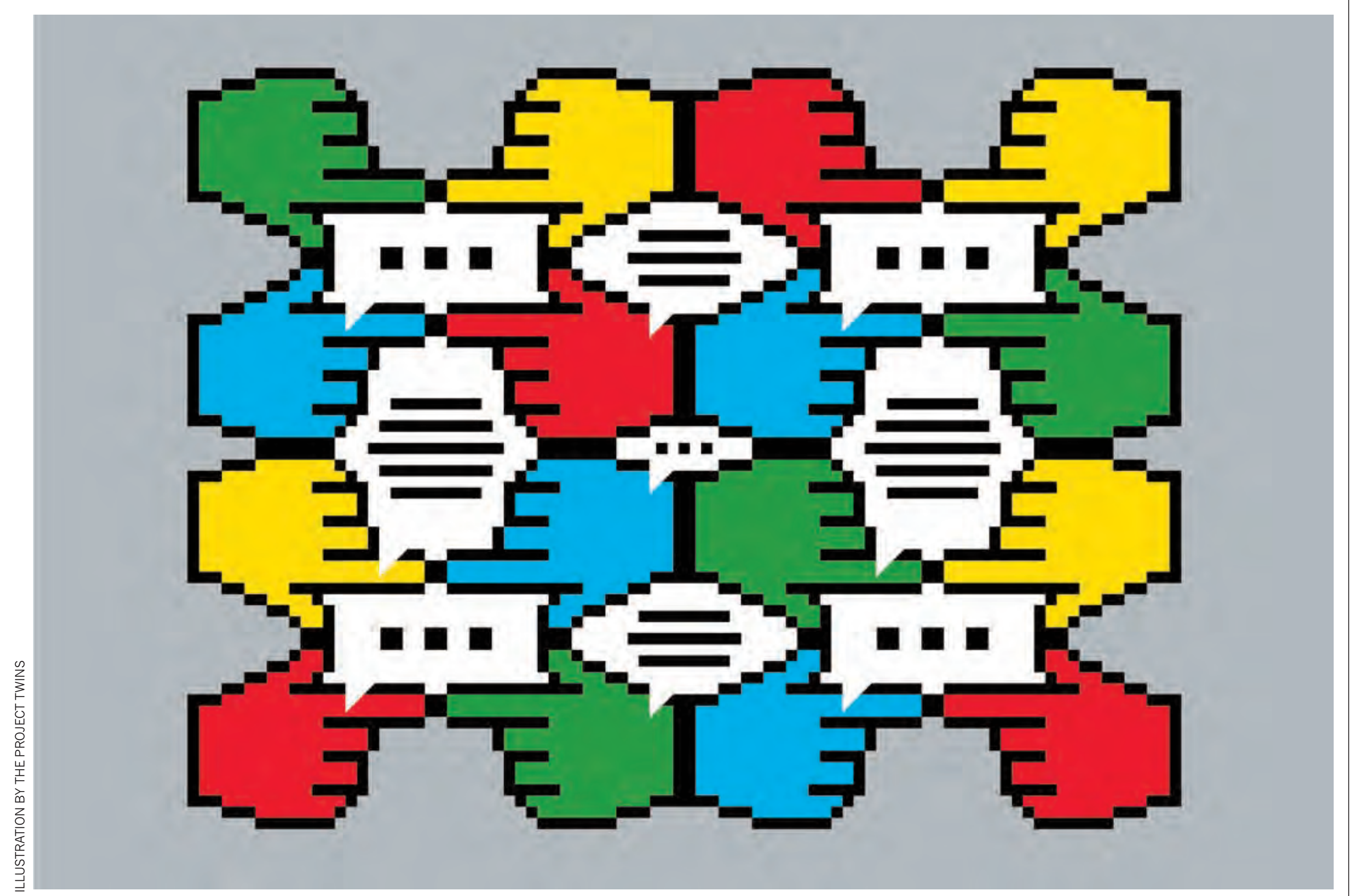


ILLUSTRATION BY THE PROJECT TWINS

أدواتٌ تكنولوجية لزيادة الشفافية وتنوُّع المشاركين في الفرق البحثية

استخدم مديرو المختبرات بعض التطبيقات والبرامج بطُرُقٍ مبتكرة، لإنشاء مجموعاتٍ بحثية واسعة ومتنوعة. **كِندال باول**

تَعرف الباحثة دوريس تايلور ألم التعرُّض للتمييز بسبب الاختلاف عن الآخرين. ففي مقتبل حياتها المهنية في أبحاث الطب التجديدي في أواخر الثمانينيات، تعرَّضت كثيرًا للإقصاء عن شَغْل المناصب في هيئات التدريس، وعن حضور الاجتماعات الخاصة التي كانت تُجرى في ملاعب الجولف، لأنَّها كانت فتاة مِثْلية. وقد قالت في ذلك الصدد: "يريد المرء أن يُميَّز بفضل مجهوداته العلمية العظيمة، وليس بسبب هويّته".

لذا.. وبدافعٍ من التجارب التي عاشتها، أنشأت تايلور مجموعةً مختبريّة في معهد تكساس لطب القلب بمدينة هيوستن، تسعى إلى الاتسام بالتنوُّع، ومراعاة الثقافات على اختلافاتها. وقد أدركت تايلور أنَّها اقتربت من تحقيق هدفها حين سمعت مصادفةً باحثًا في المرحلة الجامعية وهو يقول لوالدته متحدثًا عن أحد الاحتفالات بالذكرى السنوية لإنشاء المجموعة: "كنتُ الرجل الأبيض الوحيد هناك. لقد كان هذا رائعًا!".

كانت تايلور قد فكَّرت مليًّا في أفضل السُّبُل لتكوين فريقٍ متنوع وشامل، يُطبِّق مبدأ المساواة، ويمثِّل مجموعةً من وجهات النظر والخلفيات المختلفة. لذا.. اعتمدت اعتمادًا متزايدًا على التكنولوجيا؛ لإحراز تقدُّم في سعيها هذا.

ويقول مديرو المجموعات البحثية إنَّ هذه الأدوات التكنولوجية يمكن أن تساعد على تبديد الفروق في المكانة بين أعضاء المجموعة، وأن تسهم في إبقائهم على اتصالٍ وتواصلٍ على أسسٍ مشتركة، والأهم من ذلك.. أنَّها قائمةٌ على المساواة. وهذه الأدوات مألوفة، بل ومنتشرة في كل مكان، ومن بينها -على سبيل المثال- تطبيقات «سلاك» Slack، و«سكايب» Skype، و«واتساب» Whatsapp (الذي يُعَد الأداة المُفضَّلة لدى تايلور)، لكنْ حين تُستخدَم هذه التطبيقات على نحوٍ استراتيجي، يمكنها أن تُعزِّز المساواة في بيئة العمل، لمساعدة الزملاء القادمين من بيئاتٍ معوزة ولا تحظى بالتمثيل الكافي، أو ذوي الإعاقات، أو أولئك الذين ربما يعملون ويُفكِّرون بطريقةٍ مختلفة.

وهذا لا يعني أنَّ التكنولوجيا بمثابة عصا سحرية، فإنشاء بيئةٍ شاملة تمثل جميع الأطياف يتطلَّب التزامًا مستمرًا من مدير المختبر وأعضائه على عدة مستويات، وباستخدام العديد من التقنيات. وصحيحٌ أنَّه لا يُمكن لأي قَدْرٍ من التكنولوجيا أن يقضي على التنمُّر، والتمييز، والسلوكيات السيئة الأخرى في بيئة العمل، لكنَّ هذه الأدوات تساعد عديدًا من مديري المجموعات البحثية المهتمين بتمثيل الأطياف المختلفة، ليتمكنوا من تحويل البحث العلمي من ممارسةٍ منغلقة إلى ممارسةٍ جماعية ومنفتحة بدرجة أكبر.

وفي هذا الصدد.. تقول تايلور: "أي تقنيةٍ تُعزِّز التواصل بطريقةٍ لا تُشكِّل تهديدًا، فهي مفيدة".

مراسلة مفتوحة للجميع على السواء

يستخدم فريق «نظرية المجال الحوسبي» Computational

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

Field Theory في جامعة هلسنكي تطبيق مُراسَلة مفتوح المصدر، مشابهًا لتطبيق «سلاك»، من أجل مشاركة البيانات، ومناقشة النتائج مع الباحثين المعاونين. ويستخدم الفريق هذا التطبيق، الذي يسمى «مَتَرموست» Mattermost في أغراضٍ أكثر من ذلك؛ إذ يستعمله كمنصّة لجميع أشكال التواصل الجماعي تقريبًا، من مناقشة المشروعات البحثية، إلى تنظيم النزهات ووجبات الغداء التي تطرأ فكرتها بصورة عفوية. وهذا يُبقي على شفافية المناقشة، ويتركها مفتوحة ليشارك فيها أعضاء الفريق، البالغ عددهم حوالي 20 عضوًا، وزملاؤهم. وكثيرًا ما يُدرِج الأعضاء ملاحظاتٍ من المحادثات التي تجري بينهم وجهًا لوجه في صورة سجلاتٍ نصية، ليطّلع الجميع عليها.

وقد أوضح ديفيد وير، أحد الفيزيائيين في الفريق، أنَّ الدراسات الاستطلاعية التي أُجريت على بيئة العمل في جامعة هلسنكي كشفت وجود مشكلاتٍ في التواصل بين أعضاء قسم الفيزياء بالجامعة، وأظهرت أنَّ بعض أعضاء القسم غالبًا ما يشعرون بالعزلة، لا سيما النساء اللواتي لا يُتقِنَّ التحدُّث بالفنلندية. وقال متحدثًا عن تطبيق «مَتَرموست»: "أعتقد حقًّا أنَّه يُسهِّل المشاركة على الآخرين".

وقالت ساجا سابِّي -وهي طالبة دكتوراة في فريق آخر بالجامعة نفسها مختص بأبحاث الفيزياء النظرية- إنَّ عملية المُراسَلة المفتوحة للجميع هذه تُحدِث فارقًا إيجابيًّا "مستمرًا" في التفاعلات الاجتماعية. وأضافت أنّ ذلك قلَّل عقبات طلب المساعدة، بتسهيل إرسال الأسئلة البحثية بصورةٍ غير رسمية إلى المجموعة بأكملها، بدلًا من تبادل رسائل البريد الإلكتروني مع مشرف المجموعة، في عمليةٍ تستغرق وقتًا طويلًا.

تفاعُل محكوم بشروط

وهناك أدواتٌ أخرى أيضًا يمكنها تسهيل التواصل، وتقليل الحواجز. فعلى سبيل المثال.. تستخدم مجموعة الباحث خوان جلبرت المختبرية لعلوم الحاسبات والمعلومات في جامعة فلوريدا بمدينة جينزفيل برنامج «زووم» Zoom لمكالمات الفيديو الجماعية، لمساعدة أعضاء المجموعة في أثناء إجازات الحمل أو إجازات الأبوة والأمومة، إذ يسمح برنامج «زووم» لهؤلاء الأعضاء بالانضمام إلى اجتماعات المختبر، أو الحصول على الاستشارات حين يكونون في منازلهم، لكنَّ ذلك لا يحدث إلَّا برغبتهم. ويوضح جلبرت: "يريدون أن يستمروا في المشاركة. واستخدام برنامج «زووم» يُبقيهم على تواصل، وفقًا لشروطهم".

وقالت بريناهاسِت-المتخصصة في الأنثروبولوجيا الفيزيائية في جامعة كوليدج لندن- إنَّ مثل هذا التواصُل الجماعي الذي يتسم بالشفافية يمكن أن يكون بديلًا صحيًّا، يقي من آثار ديناميات السلطة التي تسود بطبيعتها الاجتماعات التي يديرها باحثٌ رئيس، أو الاجتماعات المغلقة بين المشرف وأحد طلَّابه.

وأضافت أنه حين يتمكَّن كل شخصٍ من الإدلاء برأيه في المناقشة، يساعد ذلك في الحيلولة دون سوء الفهم، أو إساءة تفسير التلميحات، ويوسع سياق النقاش. وأوضحت: "من الممكن أن تخرج من اجتماعٍ مغلق وأنت تظن أنَّ المُشرف على رسالة الدكتوراة الخاصة بكَ يكرهك، بينما كلُّ ما في الأمر أنَّه انتقد قائمة المَراجع الواردة في رسالتك انتقادًا منطقيًّا".

وأضافت هاسِت أنّ إحدى المميزات الأخرى لتطبيقات الاتصالات الجماعية هي أنَّها تُصعِّب التفوه بأي "كلماتٍ غير لائقة، ولو بدرجةٍ بسيطة".

وغير أنه ثمة جوانب سلبية لذلك، حسبما ذكرت كايت دِفلن، المتخصصة في علم الحاسبات في جامعة كينجز كوليدج لندن، التي شاركت في تنظيم الندوة مع هاسِت، إذ قالت: "تُرى، كم من القيود والضوابط تُفرَض على المحادثات بسبب الشفافية؟".

التعاون في إجراء البحوث

إحدى الطرق الأخرى لتبديد الفروق في المكانة بين أعضاء المجموعات المختبرية تتمثل في إضفاء الشفافية والتعاوُن على البحث العلمي.

وفي هذا الصدد.. تقول جوليا ستيوارت لاوندز، وهي متخصصة في علم البيانات البحرية، وتعمل في المركز الوطني للتحليل البيئي وتوليف النتائج العلمية بجامعة كاليفورنيا في مدينة سانتا باربرا: "من الضروري التحلِّي بثقافة العمل ضمن فريق، وأن تكون البيئة مُرحِّبةً، ليشعر أفراد الفريق بالأمان" تجاه مشاركة البيانات ومناقشتها بحُرِّية. وجديرٌ بالذكر أنَّ ستيوارت لاوندز من مناصري حركة العلوم المفتوحة، التي تدعو إلى استخدام برمجيات مفتوحة المصدر، ومشاركة البيانات، والشفافية في تحليل البيانات ونشرها.

وقد أضافت أنَّ إحدى طُرُق بناء هذه الثقة هي الإعلان عن القواعد السلوكية، أو القيم التي يتبناها المختبر، كي تكون لجميع أعضاء بيئة العمل التوقعات نفسها. فعلى سبيل المثال.. تنص إحدى الوثائق الخاصة بفعالية ساعدت دلفن في تنظيمها على ما يلي: "نؤمن بأنَّ كل شخصٍ لديه الحق في أن يعمل في بيئةٍ آمنة ومُرحِّبة". وقد تُساعد إتاحة تلك المعلومة في تعيين باحثين علميين من خلفياتٍ أكثر تنوعًا، إذا رأوا أنَّ المجموعة المختبرية تُرحِّب بوجهات النظر المختلفة، ولديها قيمٌ تتوافق مع قِيَمهم الخاصة. (انظر الفقرة التي تحمل عنوان "Low-tech tips for inclusivity"، المتاحة على الإنترنت عبر هذا الرابط: go.nature.com/2gdubnt).

أمَّا في فريق الباحثة ستيفانيا ميلان في جامعة أمستردام، الذي يدرس تطوُّر الحراك السياسي في عصر البيانات الضخمة، فممارسة البحث العلمي بصورةٍ جماعية ليست مجرَّد سلوك، بل مبدأ تنظيمي، إذ يحظى كل عضوٍ من أعضاء المجموعة الاثني عشر بفرص مشاركة متساويةٍ في اتخاذ قرارات المجموعة والقرارات البحثية.

وتجدر الإشارة هنا إلى أنَّ ميلان، بعد حصولها على منحةٍ مدتها خمس سنواتٍ لتأسيس فريقها، أمضت هي وفريقها حوالي 18 شهرًا في جمع المعلومات من عددٍ كبير من الأشخاص، ووضْع مجموعةٍ من القيم المختبرية التي تنظم عمل الفريق، إلى جانب صياغة استبيانٍ بحثي، وإرساء البِنْية التحتية التكنولوجية اللازمة لإجراء أبحاث الفريق بطريقةٍ آمنة. وأوضحت ميلان أنه كان بإمكانها إتمام تلك المهمة وحدها بسرعةٍ أكبر، لكنَّ فريقها الدولي متعدد التخصُّصات ساعد على وضْع مجموعةٍ أقوى من الأدوات.

يُجمِّع أعضاء هذه المجموعة البيانات، ويُجرون التحليلات الجماعية باستخدام برامج مفتوحة المصدر، من بينها نظامٌ لمشاركة الأكواد، مُخصَّص للفريق، يُشبه مستودع «جت هاب» GitHub، ومرتبط بخدمة «أون كلاود» ownCloud للتخزين السحابي. وتتيح هذه البِنْية التحتية الأساسية لأعضاء الفريق التعاون في الكتابة والبرمجة، ومشاركة التقويمات والمستندات، أثناء تخزين البيانات على خادمٍ محمي خاص بالفريق. والوصول إلى هذا النظام بأكمله متاحٌ لجميع أعضاء الفريق الذي يعيشون في الخارج، أو يعملون من منازلهم، وبذلك يُمكِن للجميع الانضمام إلى جلسة البرمجة التي يُجريها الفريق أسبوعيًّا.

دعم اختلافات التعلُّم

أمَّا سارة رانكِن، المتخصصة في علم الأدوية التجديدي، فترى أنَّ تمثيل مختلف الأطياف يعني استيعاب أفرادٍ متباينين في الوظائف العصبية والعقلية ضمن المجموعة، إذ اكتشفت رانكِن في وقتٍ متأخر من حياتها أنَّها تعاني عسر القراءة، واضطراب خلل التناسق النمائي، وهما اختلافان من اختلافات التعلُّم، يتعلقان بالطريقة التي يعالج بها الدماغ الكلمات المكتوبة والتناسق الحركي. لذا.. قالت: "يعمل الأفراد ويفكرون بطُرُقٍ مختلفة، وينبغي السماح لهم بذلك".

وفي هذا الصدد.. تضُخ جامعة إمبريال كوليدج لندن -التي تعمل فيها رانكِن- استثمارات تصب في 16 برنامجًا هادفًا لتمثيل مختلف الأطياف، بغرض مساعدة الطُلاب والموظفين الذين يمتلكون قدرات تعلُّم مختلفة، أو الذين لا تُعَد الإنجليزية لغتهم الأولى. وتشمل هذه البرامج برنامج «جرامرلي» Grammerly للتدقيق الإملائي والتدقيق النحوي، بالإضافة إلى أدواتٍ أخرى لمساعدة الباحثين على صياغة النصوص المكتوبة أو المنطوقة بطُرُقٍ غير تقليدية. فبرنامج «أوديو نوت تيكر» Audio Notetaker -على سبيل المثال- يُسجِّل الصوت في أثناء المحاضرات، ويُزامِنه مع ملاحظاتٍ مكتوبة، في حين أنَّ برنامج «ديكتيشن آي أو» Dictation.io، الذي يحوِّل الكلام إلى نصٍّ مكتوب، يساعد أولئك الذين يجدون سهولةً أكبر في إملاء النصوص الواردة في الأوراق، أو شرائح العروض التقديمية على برنامج.

وتَستخدِم رانكِن برنامج «مايند فيو» MindView للخرائط الذهنية، لترى ملاحظاتها عن الوسائل المُستخدَمة في البحث جنبًا إلى جنب مع مخططات البيانات، والصور، والأدبيات المتعلقة به، وكل ذلك على شاشةٍ واحدة. وقالت متحدثةً عن ذلك: "يمكن تحويل كل ذلك بضغطةٍ واحدة إلى ملف «وورد»"، ليصبح مسودةً أولية من ورقتك البحثية. وأضافت: "وهذا أمرٌ رائع إذا كُنتَ تُفضِّل التعلُّم البصري".

يقترح جلبرت أنَّ يستوحي قادة المجموعات المختبرية أفكارهم من عادات أعضاء فِرَقهم عند تبنِّي استخدام أدواتٍ تِقنية، مثل «سلاك»، و«واتساب»، مشيرًا إلى أنَّ عديدًا من الباحثين الشباب يعتبرون البريد الإلكتروني رسميًّا ومرهقًا. وقال متحدثًا عن أولئك الباحثين الشباب: "يستخدمون هذه التطبيقات بالفعل في حياتهم اليومية، ولذا.. أردتُ أن أشرك مجموعتي المختبرية في استخدامها. وبذلك.. أحصل على قوةٍ عاملة أفضل، وأكثر إنتاجيةً".

ومع ذلك.. فمهما كانت درجة تمثيل الأطياف المختلفة التي وصلت إليها أي بيئة عمل، هناك دائمًا مجالٌ للتحسين، إذ يُمكن لبعض التقنيات البسيطة أن يوفر آلياتٍ تسمح لمستخدميها بإخفاء هويّاتهم عند تقديم الشكاوى، أو الإبلاغ عن السلوكيات غير اللائقة، أو طرح الأسئلة؛ وبالتالي يستطيعون فعل ذلك دون خوفٍ من التحيُّز أو الانتقام. فحسب ما قالته ليزلي فوسهول، المتخصصة في البيولوجيا العصبية في جامعة روكفيلر بمدينة نيويورك، فقد غيرَّت نهجها جذريًّا نتيجة دراسةٍ استطلاعية أُجريت في المختبر، وأُخفيت فيها هويات المشاركين، إذ دفعتها إجابات المشاركين إلى جعل الاجتماعات المختبرية أكثر تركيزًا على النقاط المهمة، وإلى زيادة التفاعل في اجتماعات نادي مناقشة منشورات الدوريات العلمية. وكشفت الإجابات أيضًا وجود انعدامٍ في المساواة بين أعضاء الفريق في إمكانية الوصول إلى موارد المختبر، غير أنَّ هذه المشكلة حُلَّت بسهولة بإنشاء مجلدٍ مشترك لبروتوكولات المختبر على الإنترنت.

خُلاصـة القـول هـي أنَّ تبنِّي هـذه الـروح، المتمثلة في مشارَكة الحلول والموارد والسُلطة، يُمكن أن يساعد على قطْع شوطٍ طويل نحو تحويل المختبرات إلى بيئات عمل عادلة ومُرحِّبة. ويضيـف ويـر فـي هـذا الصـدد: "البحـث العلمي عمليـةٌ اجتماعيـة. فنحـن نُجريهـا كفِـرَق، وحيـن نشكل فريقًا متنوعًا محترمًا، يهتم أفراده ببعضهم بعضًا، نُجري هذه العملية على أفضل نحوٍ ممكن. وكذلك تصبح أمتع بهـذه الطريقة".

كِندال باول كاتبة مستقلة تُقيم في مدينة بولدر بولاية كولورادو.



حيث أعمل
مارتن بولياكوف

أعتذرُ عادةً عن الفوضى عندما يدخل الناس إلى مكتبي. فهناك العشرات من ملصقات الجداول الدورية، ومئات الزجاجات البلاستيكية، وصور على جميع أنحاء الجدران، وكُتُب تكاد تصل إلى السقف، وقِطَعٌ قديمة متعددة من أجهزةٍ أراد آخرون التخلص منها.

أنا عالم متخصص في الكيمياء الخضراء (المستدامة)، وتستهويني العمليات الكيميائية التي تُولّد أقل قدر ممكن من المنتجات الثانوية الخطيرة. وأشارك في مشروع كبير، اسمه «فوتو-إلكترو» Photo-Electro، يُموله مجلس أبحاث العلوم الهندسية والفيزيائية في بريطانيا، ويهدف إلى تقليل كمية المواد الكيميائية والمُذيبات، وعدد خطوات المعالجة اللازمة لإنشاء الجزيئات المُعقدة. على سبيل المثال.. ندرس طرقًا لاستخدام الضوء والكهرباء لإنتاج مواد كيميائية على نحو أكثر كفاءة.

ربما يكون أكثر ما أشتهِرُ به هو الترويج للجدول الدوري. فلديَّ كل أنواع الأشياء المستوحاة منه في مكتبي. على سبيل المثال.. مجموعة كبيرة من ربطات عنق، مرسوم عليها الجدول الدوري، وصندوق –صار فارغًا– حوى شوكولاتة تحمل رسمًا بالجدول، بل يوجد أيضًا نَقْش للجدول على خُصلة من شعري.

أملك أيضًا الكثير من الألعاب التي ألهو بها، منها -على سبيل المثال- لعبة في هيئة كلب، تأخذ شكل مركّب كربون-60، ومُكعبات روبيك مُختلفة –لا أستطيع حل ألغاز مكعبات روبيك، لكنّ العبث بها ممتع– وأشياء مضحكة، مثل ضفدع بلاستيكي يُخْرِج بالضغط عليه بيضًا زائفًا.

مِن التحديات الكبيرة التي تواجه جميع العلماء التوصل إلى أفكار جديدة. وعادةً ما تجد ألعابًا ملقاة هنا وهناك في ورشات العمل حول الإبداع. والفكرة هنا ليست أن لعبة الضفدع –على سبيل المثال–ستلهمنا بالضرورة أن نستخدِم مثلًا مخاط الضفدع اللزج لتحفيز تفاعُل، لكنني أعتقد أن وجود الكثير من الصور، والكثير من الألعاب المُنتشرة، وسيلة جيدة لحث العقل على الاسترخاء وتشجيع الابتكار.

أما فيما يتعلق بالزجاجات البلاستيكية، فقد كان لديّ مشروع طويل الأمد، يهدف إلى صنع البلاستيك بطريقة أكثر حفاظًا على البيئة. وقد نجحنا في ذلك، لكنْ على نطاق صغير، إذ قررَتْ الشركة التي تَوَجَّهْنا إليها بالبحث أن طريقة كهذه لا تستحق التوسع في استخدامها. ومع ذلك.. تعلمتُ الكثير، وهذه الزجاجات تلعب دورًا في استهلال المحادثات، ويستمتع الكثير من الناس -كما اتضح لي- بوجودهم في مكتبي.

مارتن بولياكوف عالِم متخصص في الكيمياء الخضراء بجامعة نوتنجهام بالمملكة المتحدة. **أجرت المقابلة: أمبير دانس.**

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية